Cod. 9744 | Unidades y constantes | 2214.02 Metrología

Aperturas efectivas en calibración y comparación de termómetros de radiación

Effective apertures in calibration and comparison of radiation thermometers

Javier de-Lucas-Veguillas
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9744

Los termómetros de radiación (TR) se calibran con cuerpos negros (CN) cuya apertura debe cubrir suficientemente el blanco nominal. Debido a posibles imperfecciones del sistema óptico, radiación proveniente de regiones exteriores al blanco puede llegar al detector. Es el efecto del tamaño de la fuente (ETF). Constituye una limitación importante en el uso de TR en aplicaciones industriales y es fuente entre otras de incertidumbre de medida.

Los laboratorios de calibración lo evalúan interponiendo aperturas de diferentes diámetros frente a un CN de alta uniformidad en radiancia, con temperatura $\cong$ 200 ºC, manteniendo el entorno exterior a temperatura baja y uniforme. En ambiente controlado, es recomendable refrigerar las piezas que delimitan las aperturas a 5 ºC aproximadamente. Estas condiciones (estándar) permiten calcular el parámetro que caracteriza el ETF y la corrección sobre las lecturas del TR al pasar de un dinámetro de fuente a otro [1]. Este parámetro σ^*, se define como la relación entre las indicaciones del TR para fuente uniforme de un diámetro determinado y fuente uniforme infinitamente grande.

Si la temperatura del contorno exterior (elemento que delimita la apertura del CN) es elevada, no se puede despreciar la radiación que emite, siendo necesario considerar una apertura de diámetro efectivo d_{eff}, definido como el de una fuente uniforme, a la temperatura del CN, que produce la misma señal en el TR que la fuente real. La Figura 1 esquematiza este concepto.

En los laboratorios, un caso sencillo y frecuente aparece si puede considerarse temperatura promedio uniforme t_e para la región exterior de diámetro d_e y radiancia despreciable para el resto ($t<<t_{CN}$), como en la figura. Entonces d_{eff} dependerá de: diámetros d_e y d, temperatura del CN y pieza que delimita la apertura y características del propio TR en cuanto a su ETF. El modelo general para fuentes no uniformes y extensas, con gradientes de temperatura arbitrarios, es complejo [2], sin embargo en nuestro caso hemos obtenido una ecuación para d_{eff} matemáticamente sencilla y fácil de implementar experimentalmente:

$$\sigma^*_{a,b,\ldots}(d_{eff}) = \sigma^*_{a,b,\ldots}(d) + \left[\frac{e^{c_2/(\lambda \cdot I_{CN})} - 1}{e^{c_2/(\lambda \cdot I_e)} - 1}\right]\left(\sigma^*_{a,b,\ldots}(d_e) - \sigma^*_{a,b,\ldots}(d)\right)$$

I_{CN} e I_e son indicaciones (emisividad instrumental = 1) del TR cuando se apunta al centro del CN y el promedio sobre el contorno exterior, c_2 = 0.0014388 m·K y λ es una longitud de onda efectiva propia del TR. Como $\sigma^*_{a,b,\ldots}$ es función explícita del diámetro y de parámetros a, b,..., obtenidos experimentalmente bajo condiciones estándar [1], d_{eff} se puede calcular analítica o numéricamente.

Corregir por ETF es esencial en el curso de comparaciones interlaboratorios, donde un TR es circulado y calibrado por los participantes, en base a protocolos básicos que fijan margen de temperatura, distancia a la fuente, etc. Son actividades obligatorias para laboratorios acreditados, dentro de su plan para aseguramiento de la validez de los resultados y mantenimiento de competencia técnica bajo norma 17025 [3-5].

Los resultados se estandarizan al diámetro utilizado por el laboratorio de referencia. Este previamente caracteriza el ETF en condiciones estándar y calcula correcciones para cada temperatura, en función de los diámetros aportados por los participantes, quienes raramente dan aperturas efectivas. Supondría una mejora, que los laboratorios informasen de la indicación del TR enfocando sobre puntos bien definidos de la región externa para cada temperatura del margen. El laboratorio de referencia dispondría entonces de información suficiente para asignar diámetros efectivos a cada participante y se reduciría la incertidumbre asociada por indefinición del diámetro de las fuentes, que en TR con fuerte ETF representa una contribución considerable, especialmente a temperaturas elevadas.

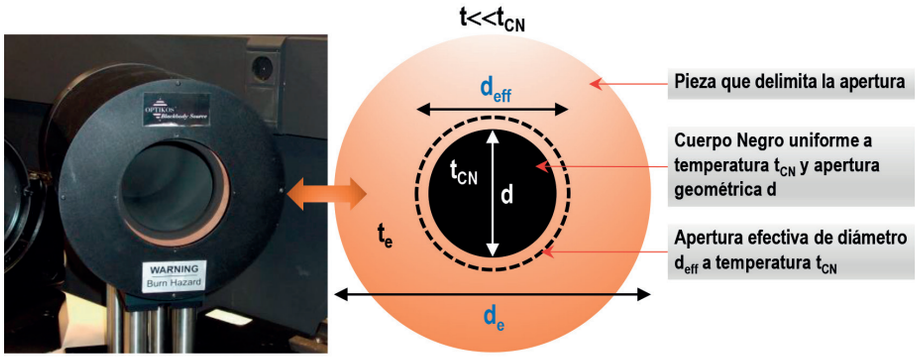


Fig. 1. Izquierda, CN utilizado para calibración de TR. Derecha, configuración para definir d_{eff} en función de apertura geométrica d, temperatura del CN t_{CN} y contorno de diámetro d_e a temperatura uniforme t_e

REFERENCIAS

[1] De Lucas-Veguillas, J.. (2020). MEASUREMENT AND UNCERTAINTY OF THE SIZE-OF-SOURCE EFFECT OF RADIATION THERMOMETERS, IN THE CONTEXT OF AN INDUSTRIAL CALIBRATION LABORATORY. *DYNA New Technologies*, 7(1). [15 p.]. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/NT9638

[2] Saunders P and Edgar H. "On the characterization and correction of the size-of-source effect in radiation thermometers", Metrologia Vol. 46, pp 62-74, 2009. DOI: https://doi.org/10.1088/0026-1394/46/1/008

[3] Asociación Española de Normalización (UNE). "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración UNE-EN ISO/IEC 17025:2017", ed. sep/2017 corregida may/2018. (Madrid: UNE CTN 66/SC2).

[4] Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). "Guía sobre la participación en programas de inter-comparaciones, G-ENAC-14", Rev. 1, septiembre 2008. http://www.enac.es

[5] Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), Centro Español de Metrología (CEM). "Uso del concepto de Trazabilidad Metrológica por los Laboratorios de Calibración". ed. marzo 2015. https://www.enac.es