

Influencia del deterioro de las características de filtrado del termómetro patrón de radiación

Jiménez Rebagliati, M. N.

Departamento de Patrones Nacionales de Medida (DPNM)

RESUMEN

Resultados de diversas mediciones comparativas, realizadas con el termómetro patrón de radiación, dejaron en evidencia la presencia de un error sistemático ($\pm 0.85^\circ\text{C}$ a $T = 1064^\circ\text{C}$). En la búsqueda de su origen, se investigó las potenciales fuentes de error. En dicho proceso se "aisló" la causa en el deterioro de las características del filtro de interferencia del instrumento. Mediciones de su transmitancia espectral indicaron que el valor máximo se había reducido, en su banda principal, del 65% al 20% aproximadamente. No obstante, haciendo uso de simulación numérica se determinó que el deterioro de la transmisión de la banda principal no justificaba un error de esa magnitud y que el aumento relativo de la transmisión residual del filtro en la zona del infrarrojo podía ser el responsable del error buscado. Finalmente este filtro fue reemplazado y se realizaron nuevas mediciones, las cuales avalaron esta hipótesis. Esto enfatiza la necesidad de mantener la transmisión residual del filtrado en valores ignorables (tip. # 10-5).

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

La Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90), indica que para medir valores de temperatura (t_{90}) superiores a 962°C , se requiere de un termómetro de radiación monocromática y de un sistema de referencia constituido por un cuerpo negro que se encuentre, ya sea, a la temperatura solidificación de la Ag ($961,78^\circ\text{C}$), a la del Au ($1064,18^\circ\text{C}$) o a la del Cu ($1084,62^\circ\text{C}$). Según esta escala, el termómetro debe medir, el cociente de los valores de radiancia espectral, generados por el sistema de referencia y por el cuerpo (negro), cuya temperatura de desea medir.

Matemáticamente, lo anterior se expresa mediante:

$$\frac{\int_0^\infty L(\lambda, T) \cdot \Phi(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L(\lambda, T_{ref}) \cdot \Phi(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (1)$$

donde $L(\lambda, T)$ representa a la ley de radiación de Planck y $M(\lambda)$ a la transmisión espectral del termómetro, la cual incluye la transmisión espectral de su filtro de interferencia, responsable de la condición de monocromaticidad del instrumento.

A partir del año 1999 y con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del termómetro patrón de radiación, se realizaron diversas mediciones de comparación entre dos sistemas de referencia. Uno de ellos constituido por un cuerpo negro a la temperatura del punto de fusión del Au y el otro consistente en una lámpara pirométrica de alta estabilidad, calibrada en el PTB en 1993. Dicha lámpara fue operada, en condiciones de simular, un sistema de referencia idéntico al anterior.

Estas mediciones indicaron una diferencia de temperatura de $0,85^\circ\text{C}$, presentándose el sistema provisto por el cuerpo negro "más caliente" que la lámpara. Se revisaron las presuntas fuentes de error sistemático del sistema de medición. Esto incluyó la realización de diversas actividades, entre las más importantes: una nueva calibración del voltímetro y de los resistores patrones, la medición del efecto de tamaño de blanco del termómetro patrón y una comparación entre lámparas. También se envió a recalibrar al PTB, durante el año 2000, una de las lámparas utilizadas en estas comparaciones. Ninguna de estas actividades permitió determinar el origen de la mencionada diferencia.

Durante el año 2000, también se realizó una comparación entre dos sistemas de referencia, uno compuesto por un punto convencional de Au (cuerpo negro + punto de solidificación del Au) y el otro por un punto miniatura de Au, inserto en una cavi-

dad que a su vez se ubicó dentro de un tubo de calor. Esta vez la diferencia entre los valores de temperatura solo alcanzó los 0,3°C, indicando que la diferencia de 0,85°C, podía tener origen en una variación de $M(8)$. Se continuó con la medición de la transmisión espectral, $\vartheta(8)$, del filtro de interferencia del termómetro. Esta propiedad es componente de $M(8)$, dado que $M(8) = \vartheta(8) \cdot R(8)$, siendo $R(8)$ el producto entre la respuesta espectral del detector y la transmisión espectral de la óptica del instrumento. Lo anterior resultó justificable dado que el uso de la lámpara pirométrica como referencia de temperatura, permite que el termómetro provea valores sensibles a una variación de $M(8)$ [1].

Las mediciones indican que la transmisión espectral del filtro, se redujo aproximadamente del 65% al 20% (ver. Fig. 1). Se determinó que dicho deterioro, si bien era responsable de una disminución de la sensibilidad del instrumento, no era el causante directo de la diferencia observada, dado que no produce una alteración importante en la distribución espectral de la energía que detecta el termómetro. Mediante la integración numérica [2] de (1), se pudo determinar que el deterioro de la banda central de la transmisión espectral era causante de solo 0,1°C de los 0,85°C. No obstante, se pudo determinar que el efecto de aumento del peso relativo de la transmisión espectral residual (transmitancia fuera de la banda central, en el infrarrojo cercano), podía justificar, junto con el deterioro de la banda central, una parte mayoritaria (aprox. 0,55°C) de los 0,85°C. El cálculo fue realizado mediante integración hasta los 850 nm, pues hasta ese valor se realizaron las mediciones de transmisión espectral del filtro. Este fue un indicio claro que permitió sospechar, que dicho deterioro era el causante indirecto de la diferencia observada.

Dado que se presume que el deterioro del filtro se produjo, con consecuencias irreversibles, por efecto de la humedad ambiente, se procedió al reemplazo del mismo, por uno semejante. Se continuó durante el año 2001, con la medición de la transmisión espectral de este nuevo filtro.

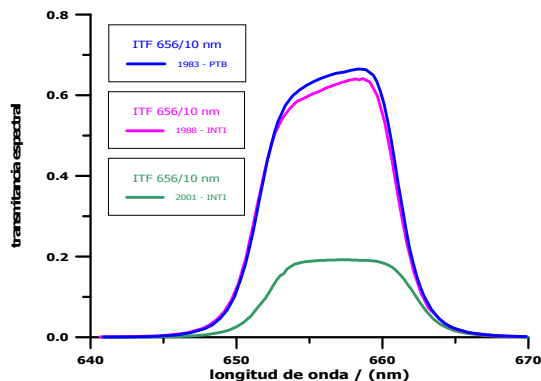


Fig. 1. Evolución de la transmitancia espectral del filtro de interferencia del termómetro patrón de radiación.

Finalmente, se realizaron nuevas mediciones de comparación entre un cuerpo negro con el punto de Au (convencional) y la lámpara pirométrica mencionada. El promedio de los resultados de dichas mediciones indicó una diferencia de solo 0,01°C, con una desviación estándar de 0,08°C (incertidumbre combinada = $\pm 0,3^\circ\text{C}$).

CONCLUSIONES

Ante la presencia de un error sistemático de magnitud considerable en lo que concierne a la diseminación de la ITS-90, se investigó las potenciales fuentes de error. Se identificó y erradicó el problema y con ello el error asociado. El trabajo aquí presentado es parte de los trabajos de mantenimiento de patrones que se realizan en el DPNM del INTI. Tiene por objeto contribuir a la trazabilidad del sistema de medición de temperatura hacia patrones internacionales y a la provisión de una adecuada diseminación de la escala internacional de temperatura.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. T. Ricolfi del IMG, por sus sugerencias en cuanto al origen de la diferencia de temperatura. Al Dr. M. Tischler del DPNM, por su colaboración en las mediciones con cuerpos negros. A la Sra. M. Porfiri por la calibración de los resistores patrones.

Referencias

- [1] T. Ricolfi, F. Lanza, "Relations between radiance temperature and wavelength for tungsten strip lamps". High Temperatures – High Pressures, volumen 15, páginas 13-20, 1983.
- [2] M.N Jiménez Rebagliati., R. Nunes Teixeira, "Transference of tungsten strip lamps calibrations between INTI and INMETRO". Congreso "Metrología 97", "Mouvement Français pour la Qualité", Besançon - Francia, octubre de 1997.

Para mayor información contactarse con:

Marcelo Jiménez Rebagliati – chelo@inti.gov.ar

[Volver a página principal](#) ◀