

# GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS CLÍNICOS DE RADIACIÓN USADOS EN LA FRENTE

Bogotá, D.C.

2021-05-25

Versión No. 1



**ColombiaMide**

Competitividad territorial:  
confianza en sus mediciones, calidad en sus productos



Financiado por  
la Unión Europea

Participan:



*Esta guía se logró gracias al proyecto ColombiaMide "Calidad para la competitividad  
Reduciendo las brechas de calidad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Mipymes) en regiones de Colombia"*



El progreso  
es de todos

Mincomercio

## CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	5
2. ALCANCE .....	5
3. ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS .....	5
4. DEFINICIONES .....	5
5. GENERALIDADES .....	8
6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES .....	9
6.1. Método de calibración .....	9
6.2 Equipos y materiales .....	9
6.3. Condiciones ambientales .....	9
6.4. Operaciones Previas .....	10
6.4.1. Resolución óptica del termómetro bajo calibración .....	10
6.5. Proceso de calibración .....	10
6.6. Estimación de la incertidumbre .....	12
6.5.1. Fuentes de incertidumbre .....	12
6.5.2. Incertidumbre expandida .....	13
6.6. Presentación de los resultados .....	15
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

## PRESENTACIÓN

Esta guía fue elaborada en el marco del proyecto ColombiaMide “Calidad para la competitividad – Reduciendo las brechas de calidad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Mipymes) en regiones de Colombia” (ColombiaMide). Este es un proyecto de cooperación entre la Unión Europea (UE) y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (Mincomercio), orientado a mejorar las capacidades metrológicas y de calidad en Mipymes de las cadenas de valor del aguacate Hass y del Cacao y sus derivados. ColombiaMide es implementado por el Instituto Alemán de Metrología (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB), con el apoyo del Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) como beneficiarios. El objetivo principal del proyecto es el de mejorar las competencias técnicas y metrológicas de entidades públicas y privadas (Mipymes), con el propósito de incrementar el nivel de cumplimiento de normas y reglamentaciones técnicas asociadas al comercio sostenible

## **EQUIPO DE TRABAJO**

Este documento fue elaborado en el espacio del Grupo Técnico por Magnitud de Temperatura de la Red Colombiana de Metrología. Para el desarrollo del documento se contó con la participación del Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM profesional Andrés Jhovanny Bohórquez Garzón, Sergio Andrés Carvajal Perdomo y Ciro Alberto Sánchez Morales, el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC y los laboratorios de calibración que han desarrollado la magnitud relacionada y que han participado en las reuniones del grupo técnico.

## **REVISIÓN**

Mesa de Trabajo Técnico Científico de la Subdirección de Metrología Física.

## 1. OBJETIVO

Proporcionar lineamientos para la calibración de termómetros clínicos de radiación cuya aplicación es determinar la temperatura en la frente usando calibradores infrarrojos de placa plana.

## 2. ALCANCE

Esta guía aplica a los termómetros clínicos de radiación usados en la frente con rango espectral entre 8  $\mu\text{m}$  y 14  $\mu\text{m}$ , emisividad de 0.98, distancia al punto de medición entre 1cm y 20 cm y temperaturas entre 22 °C y 41 °C. Esta guía está diseñada para una incertidumbre mínima de 1.5 °C y se limita al uso de calibradores infrarrojos de placa plana

## 3. ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

**Tabla 1.** Abreviaturas, siglas y símbolos

Abreviatura, sigla y símbolo	Significado
$T$	Temperatura
$U$	Incertidumbre expandida
$u$	Incertidumbre típica
$C$	Corrección
$\kappa$	Factor de cobertura
$c$	Coefficiente de sensibilidad

Subíndice	Significado
$P$	Patrón
$IBC$	Instrumento cajo calibración
$Rep$	Repetibilidad
$Cal$	Calibración
$Res$	Resolución
$Der$	Deriva
$Refl$	Radiación reflejada
$\epsilon$	Emisividad
$VA$	Variación por alineación
$VD$	Variación por distancia

## 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de este documento se aplican las siguientes definiciones tomadas de la referencia [1], además de otras específicas.

**EXACTITUD DE MEDIDA.** Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando (VIM 2.13) [1].

El concepto “exactitud de medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida.

**ERROR DE MEDIDA.** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (VIM 2.16) [1].

**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA.** Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza (VIM 2.26) [1].

**INTERVALO DE COBERTURA.** Intervalo que contiene el conjunto de valores verdaderos de un mensurando con una probabilidad determinada, basada en la información disponible (VIM 2.36) [1].

**PROBABILIDAD DE COBERTURA.** Probabilidad de que el conjunto de los valores verdaderos de un mensurando esté contenido en un intervalo de cobertura especificado (VIM 2.37) [1].

**CALIBRACIÓN.** Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación (VIM 2.39) [1].

**TRAZABILIDAD METROLÓGICA.** Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida (VIM 2.41) [1].

NOTA: La trazabilidad debe indicarse al sistema internacional de unidades y no a una institución particular como un instituto nacional de metrología.

**SENSOR.** Elemento de un sistema de medición directamente afectado por la acción del fenómeno, cuerpo o sustancia portador de la magnitud a medir (VIM 3.8) [1].

**RESOLUCIÓN DE UN DISPOSITIVO VISUALIZADOR.** Mínima diferencia entre indicaciones visualizadas, que puede percibirse de forma significativa (VIM 4.15) [1].

NOTA: Para un dispositivo visualizador digital, corresponde al mínimo cambio de la cifra menos significativa.

**INCERTIDUMBRE INSTRUMENTAL.** Componente de la incertidumbre de medida que procede del instrumento o sistema de medida utilizado (VIM 4.24) [1].

**PATRÓN DE MEDICIÓN.** Realización de la definición de una magnitud dada con un valor determinado y una incertidumbre de medición asociada, tomada como referencia (VIM 5.1) [1].

**TERMÓMETRO:** Conjunto indicador más sensor o termómetro digital. Instrumento de medición dedicado a mediciones de temperatura con una indicación digital en unidades de temperatura: °C, °F, K. Constituido por un indicador y un sensor.

**LONGITUD DE ONDA.** Es el período espacial de una onda – la distancia a la cual se repite la forma de la onda. Se nota con el símbolo  $\lambda$ , su unidad es  $[\lambda] = m$ .

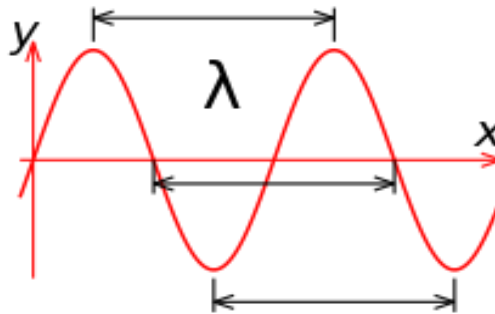


Figura 1. Amplitud de onda

**RADIANCIA.** Es la cantidad de energía por unidad de tiempo en una dada dirección, por unidad de ángulo sólido, por unidad de área de la fuente, correspondiente a la dirección de observación. Se la denota mediante el símbolo  $L$ ,  $[L] = W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$ . La radiancia espectral es la radiancia por unidad de longitud de onda, se la nota como  $L(\lambda)$ , sus unidades son  $[L(\lambda)] = W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-3}$ .

**CUERPO NEGRO.** Un cuerpo que no refleja radiación. En equilibrio térmico un cuerpo negro absorbe e irradia con la misma intensidad. Un cuerpo negro emite radiación de acuerdo a la ley de radiación de Planck.

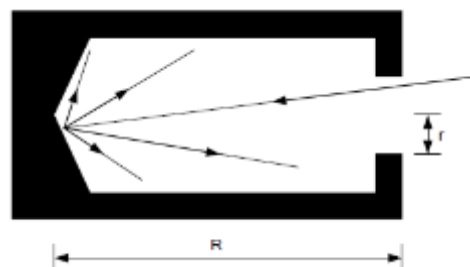


Figura 2. Cavidad que actúa como cuerpo negro

**CUERPO GRIS.** Un cuerpo en el cual la emisividad espectral no depende de la longitud de onda [2].

**CUERPO DIFUSO.** Un cuerpo en el cual la emisividad direccional no depende de la dirección [2].

**SUPERFICIE GRIS-DIFUSA.** Superficie que absorbe una fracción fija de radiación incidente desde alguna dirección a alguna longitud de onda y emite radiación que es una fracción fija de la radiación de un cuerpo negro para todas las direcciones y todas las longitudes de onda [2].

**EMISIVIDAD.** Relación entre la radiancia emitida por una superficie y la emitida por un cuerpo negro a igual temperatura. Se utiliza el término emitancia para indicar la emisividad de una muestra o un objeto.

**TERMÓMETRO DE RADIACIÓN.** Medidor de radiancia calibrado para indicar la temperatura de un cuerpo negro [3].

**TERMÓMETRO CLÍNICO DE RADIACIÓN.** Termómetro de radiación usado para aplicaciones clínicas.

**LONGITUD DE ONDA DE OPERACIÓN.** Se refiere a la longitud de onda característica para la cual un termómetro de radiación monocromática es sensible.

**RELACIÓN D:S.** Relación entre el diámetro del área medida (S) y la distancia al objeto a medir (D)

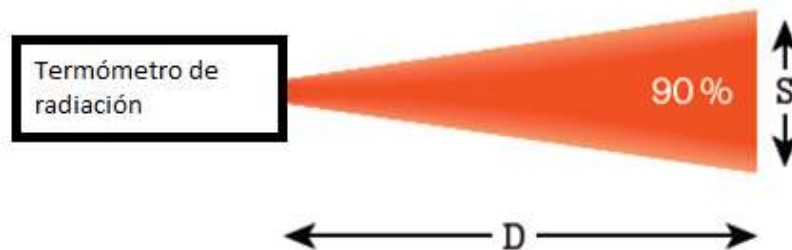


Figura 3. Relación D:S de un termómetro IR

## 5. GENERALIDADES

Un termómetro de radiación es un medidor de radiancia calibrado para indicar la temperatura de un cuerpo negro [3]. Si el sistema de medición del termómetro, es decir, el termómetro clínico de radiación, se ajusta a una emisividad cercana a la de la piel (entre 0.97 y 0.99 [4],[5],[6]) puede usarse para medir la temperatura superficial del cuerpo. Para propósitos de la guía se toma el valor de 0.98 como el valor de emisividad de la piel de la frente.



Infortunadamente la temperatura superficial no puede asociarse independientemente a la temperatura corporal, ya que esta depende entre otras variables de las condiciones ambientales [7]. Desde el punto de vista de la medición también se presentan fuertes limitaciones relacionadas con la incertidumbre que se puede obtener en laboratorio [8] y con el uso en pacientes [9]. Estos aspectos han derivado en que no se recomiende el uso de termómetros de frente o cámaras termográficas para diagnóstico de fiebre<sup>1</sup>.

Teniendo en cuenta estas limitaciones es importante que las incertidumbres declaradas en este tipo de termómetros reflejen su desempeño adecuadamente. En esta guía se describen los elementos de incertidumbre mínimos que se deben considerar cuando se calibran termómetros de radiación para la frente usando como patrones calibradores infrarrojos de placa plana. Para el uso de sistemas con cavidad puede consultar otras referencias [10], [11], [12], [13].

## 6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

### 6.1. Método de calibración

La calibración se realiza a través de la comparación de la temperatura de una fuente de radiación térmica patrón con la indicación de un termómetro de radiación a una distancia determinada. El patrón es un calibrador infrarrojo de placa plana calibrado radiométricamente para una banda espectral de 8  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$ . ~~y una emisividad de 0.98.~~

### 6.2 Equipos y materiales

Para llevar a cabo la calibración de un termómetro de radiación, es necesario contar con el siguiente equipamiento:

- Calibrador infrarrojo de placa plana
- Regla métrica metálica.
- Termohigrómetro

Es conveniente que todos los equipos involucrados en el proceso de calibración proporcionen resultados trazables al SI.

### 6.3. Condiciones ambientales

---

<sup>1</sup> Buenas prácticas de medición en el uso de termómetros de radiación para la determinación de la temperatura corporal - INM

Las condiciones ambientales del laboratorio deben cumplir con las especificaciones de operación dadas en los manuales de los equipos empleados. En el momento de ejecución de la calibración, la temperatura debe estar entre  $22\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$

#### 6.4. Operaciones Previas

Aclimatar los equipos bajo calibración y patrones por lo menos 8 horas a las condiciones ambientales del laboratorio de acuerdo al numeral 6.3 [14]. Esto permite suponer que la variación de temperatura en el detector es igual a la variación de temperatura ambiente.

Se deben seguir las instrucciones del fabricante para limpiar los lentes si es necesario.

##### 6.4.1. Resolución óptica del termómetro bajo calibración

A partir de la resolución óptica del termómetro bajo calibración, se determinan dos distancias de calibración, tales que el spot observado por el termómetro bajo calibración sea menor que el área útil de la placa del calibrador infrarrojo

#### 6.5. Proceso de calibración

El mensurando en la calibración es la corrección del termómetro bajo calibración, representada por:

$$C = T_P - T_{IBC} + \delta T_{P, \epsilon} \quad (1)$$

Donde

C: Corrección.

$T_P$ : Temperatura del patrón.

$T_{IBC}$ : Temperatura del termómetro bajo calibración.

$\delta T_{P, \epsilon}$ : Corrección por emisividad

Es recomendable seguir el siguiente procedimiento:

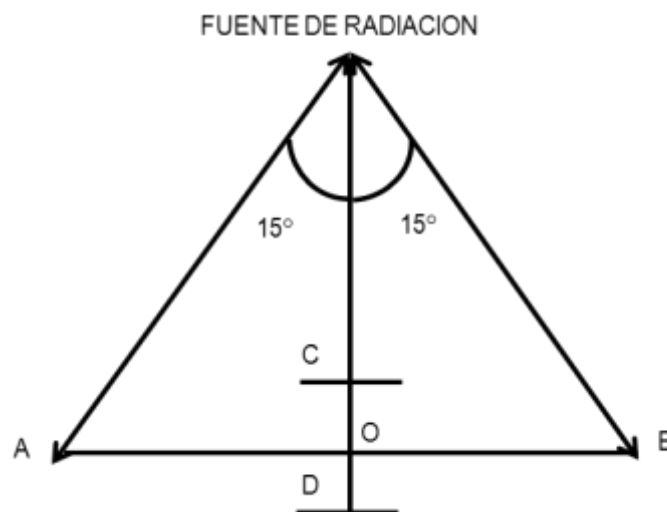
- Limpiar la superficie de los lentes de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- Asegurar que la emisividad del termómetro bajo prueba es de 0.98
- Ajustar la emisividad de la fuente a 0.98. En este caso, el valor de la Corrección por emisividad ( $\delta T_{P, \epsilon}$ ) de la ecuación (1) es cero. Si no es posible realizar el ajuste, determine el valor de la Corrección por emisividad a partir de la Tabla 2.

**Tabla 2.** Corrección por emisividad  
**Emisividad**

Temperatura, °C	0.90	0.92	0.94	0.95	0.97	0.99	1.0
30	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.2
31	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.2
32	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.2
33	-1.0	-0.8	-0.5	-0.4	-0.1	0.1	0.3
34	-1.1	-0.8	-0.5	-0.4	-0.1	0.1	0.3
35	-1.2	-0.9	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.3
36	-1.2	-0.9	-0.6	-0.5	-0.2	0.2	0.3
37	-1.3	-1.0	-0.6	-0.5	-0.2	0.2	0.3
38	-1.4	-1.0	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.3
39	-1.4	-1.1	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4
40	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.2	0.2	0.4
41	-1.6	-1.2	-0.8	-0.6	-0.2	0.2	0.4
42	-1.6	-1.2	-0.8	-0.6	-0.2	0.2	0.4

Estos valores son válidos solo para el alcance de esta guía

- La calibración se realiza desde la temperatura más baja hasta la más alta.
- Determinar la primera distancia desde la fuente al termómetro (Punto O de la Figura 4). Esta puede ser la distancia a la cual la corrección del termómetro es cero o la distancia para la cual tamaño del objetivo es máximo 10 mm. Esto permite asegurar que el termómetro puede detectar el 99% de la radiación proveniente de la fuente. No se recomiendan distancias mayores a 20 cm.



**Figura 4.** Plano de ubicación del IBC y la fuente de radiación.

- Alinear el termómetro de calibración en el centro de la fuente.
- Registrar los datos del patrón y del IBC.
- Alinear el termómetro para formar un ángulo de  $+15^\circ$  desde la fuente (Punto A de la Figura 4) y registrar los datos para el IBC.
- Alinear el termómetro para formar un ángulo de  $-15^\circ$  desde la fuente (Punto B de la Figura 4) y registrar los datos para el IBC.
- Alinear el termómetro a una distancia 10 % más cerca de la distancia entre el punto O y la fuente (Punto C de la Figura 4) y registrar los datos para el IBC.
- Alinear el termómetro a una distancia 10 % más lejos de la distancia entre el punto O y la fuente (Punto D de la Figura 4) y registrar los datos para el IBC.
- Alinear el termómetro a la segunda distancia (Puede ser la mitad de la primera) y repetir los últimos 5 pasos.

Se deben registrar las indicaciones de temperatura del patrón y el equipo bajo calibración, las condiciones ambientales, la emisividad del patrón y del termómetro bajo calibración y las distancias a las cuales se realizaron las mediciones.

## 6.6. Estimación de la incertidumbre

La incertidumbre de medición se estima de acuerdo con el documento JCGM 100:2008 [15] aplicada al modelo de medición presentado en la ecuación (1).

### 6.5.1. Fuentes de incertidumbre

#### Repetibilidad de la fuente

Corresponde a la incertidumbre debida a la variación en las indicaciones del patrón. Se calcula a partir de la desviación estándar de un número de repeticiones  $n$ . Se recomienda usar un mínimo de 9.

#### Calibración de la fuente

Corresponde a la incertidumbre debida a la calibración del patrón. Se toma del certificado de calibración.

#### Deriva de la fuente

Corresponde a la incertidumbre debida a la variación en la indicación del patrón a lo largo del tiempo. Se calcula a partir de la variación temporal en el mensurando de acuerdo al histórico de calibraciones.

#### Radiación reflejada

Corresponde a la incertidumbre debida a la influencia de la temperatura ambiente. Se toma de la variación de temperatura en el área de medición.

### Emisividad

Corresponde a la incertidumbre debida a la emisividad en el patrón. Se puede obtener de las especificaciones del fabricante asegurando un cuidado apropiado de la superficie del plato.

### Repetibilidad del IBC

Corresponde a la incertidumbre debida la variación en las indicaciones del IBC. Se calcula a partir de la desviación estándar de un número de repeticiones  $n$ . Se recomienda usar un mínimo de 9.

### Resolución del IBC

Corresponde a la incertidumbre debida a la resolución del IBC. Se calcula como la resolución del IBC dividido en 2.

### Variación de distancia

Corresponde a la incertidumbre debida a las diferencias en la indicación del IBC con respecto a la distancia entre el IBC y el patrón. Se calcula alejando y acercando 10% de la distancia de medición el termómetro al patrón (puntos C y D de la Figura 4), se toma el mayor cambio en temperatura de ambas posiciones respecto a la medición a la distancia inicial de medición.

### Alineación

Corresponde a la incertidumbre debida a las diferencias en la indicación del IBC con respecto a la alineación entre el IBC y el patrón. Se calcula alineando el termómetro 15 ° en sentido horario y anti-horario desde la alineación central perpendicular (puntos A y B de la Figura 4) se toma el mayor cambio en temperatura de ambas alineaciones respecto a la orientación inicial.

## 6.5.2. Incertidumbre expandida

La incertidumbre combinada de medición para el sistema patrón está dada por:

$$\begin{aligned}
 u^2(C) = & u^2(\delta T_{P, Rep}) + u^2(\delta T_{P, Cal}) + u^2(\delta T_{P, Der}) + C_{Ref}^2 u^2(\delta T_{P, Ref}) + C_{\epsilon}^2 u^2(\delta T_{P, \epsilon}) + u^2(\delta T_{IBC, Rep}) + \\
 & u^2(\delta T_{IBC, Res}) + u^2(\delta T_{IBC, VD}) + u^2(\delta T_{IBC, VA})
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Los términos de la ecuación (2) se describen en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Presupuesto de incertidumbre de medición para el sistema patrón

**GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS CLÍNICOS DE  
RADIACIÓN EN CALIBRADORES DE PLACA PLANA**

2020-05-11  
Versión No. 1

Fuente de incertidumbre	Símbolo	Tipo	Distribución	Incertidumbre	Factor	Coefficiente de sensibilidad
Repetibilidad de la fuente	$\delta T_{P, Rep}$	A	Normal	Desviación estándar de las indicaciones de la fuente	$\sqrt{n}$	1
Incertidumbre de calibración de la fuente	$\delta T_{P, Cal}$	B	Normal	Incertidumbre estándar del certificado	Factor de cobertura	1
Deriva fuente	$\delta T_{P, Der}$	B	Rectangular	Máxima variación en el histórico de certificados	$\sqrt{3}$	1
Radiación reflejada	$\delta T_{P, Refl}$	B	Rectangular	Variación de temperatura en el área de medición	$\sqrt{3}$	$C_{Refl} = 0.05^*$
Corrección por Emisividad	$\delta T_{P, \epsilon}$	B	Rectangular	Incertidumbre estándar de la emisividad de la placa	$\sqrt{3}$	$C_{\epsilon} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}^*$
Repetibilidad del IBC	$\delta T_{IBC, Rep}$	A	Normal	Desviación estándar de las indicaciones del IBC	$\sqrt{n}$	-1
Resolución del IBC	$\delta T_{IBC, Res}$	B	Rectangular	Resolución sobre 2	$\sqrt{3}$	-1
Variación de distancia	$\delta T_{IBC, VD}$	A	Rectangular	Máxima diferencia entre los valores de la prueba de variación de distancia	$\sqrt{3}$	-1
Alineación	$\delta T_{IBC, VA}$	A	Rectangular	Máxima diferencia entre los valores de la prueba de alineación	$\sqrt{3}$	-1

\* Estos valores son válidos solo para el alcance de esta guía

La incertidumbre expandida puede estimarse como:

$$U = \kappa \cdot u(C) \quad (3)$$

Donde  $\kappa$  es el factor de cobertura y en general puede asumirse como 2 para una probabilidad de cobertura del 95%<sup>2</sup>. Si la contribución de las incertidumbres tipo A suma más del 30% es necesario estimar  $\kappa$  considerando los grados efectivos de libertad de acuerdo al Anexo G del documento JCGM 100:2008 [15].

## 6.6. Presentación de los resultados

El certificado o informe de calibración debe cumplir con los requisitos indicados en ISO/IEC 17025. Los resultados se deben presentar de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva. Se debe incluir toda información necesaria para la interpretación de los resultados de medición y una descripción del método utilizado [16].

El certificado o informe de calibración adicionalmente debe contener:

- **Descripción del termómetro**

Describir el tipo de termómetro usado, la banda espectral, la emisividad, la relación D:S y la resolución del indicador

Ejemplo: Termómetro clínico infrarrojo. Banda espectral: 8  $\mu\text{m}$  to 14  $\mu\text{m}$ . Emisividad: 0.98. Resolución óptica: 10:1. Resolución del indicador: 0.1 °C.

- **Descripción del método de calibración**

Describir el método de calibración, la banda espectral y la emisividad del patrón así como las distancias definidas en el numeral 6.5

Ejemplo: La calibración se realizó por medición directa de las temperaturas generadas por el patrón. La calibración se realizó radiométricamente para una banda espectral de 8  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$  para el patrón, con una emisividad de 0.98. Las distancias evaluadas entre el termómetro bajo calibración y el patrón fueron 5 cm y 10 cm.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JCGM 200:2012, "Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)," vol. 3ª Edición. 2012.

<sup>2</sup> Teniendo en cuenta el tipo y magnitud de las contribuciones de incertidumbre habituales para el alcance considerando en esta guía.

- [2] R. Siegel and J. R. Howell, *Thermal Radiation Heat Transfer*, (1992), 3rd ed. 1992.
- [3] D. P. DeWitt and G. D. Nutter, *Theory and Practice of Radiation Thermometry*. Wiley, 1988.
- [4] F. J. Sanchez-Marin, S. Calixto-Carrera, and C. Villaseñor-Mora, "Novel approach to assess the emissivity of the human skin," *J. Biomed. Opt.*, vol. 14, no. 2, p. 24006, 2009.
- [5] C. A. James, A. J. Richardson, P. W. Watt, and N. S. Maxwell, "Reliability and validity of skin temperature measurement by telemetry thermistors and a thermal camera during exercise in the heat," *J. Therm. Biol.*, vol. 45, pp. 141–149, 2014.
- [6] T. Togawa, "Non-contact skin emissivity: measurement from reflectance using step change in ambient radiation temperature," *Clin. Phys. Physiol. Meas.*, vol. 10, no. 1, p. 39, 1989.
- [7] ASTM E1965 - 98, "Standard specification for Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature," *ASTM Int. West Conshohocken, PA, 2016*, 2016.
- [8] T. Fletcher, A. Whittam, R. Simpson, and G. Machin, "Comparison of non-contact infrared skin thermometers," *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 42, no. 2, pp. 65–71, 2018.
- [9] C.-C. Liu, R.-E. Chang, and W.-C. Chang, "Limitations of forehead infrared body temperature detection for fever screening for severe acute respiratory syndrome," *Infect. Control Hosp. Epidemiol.*, vol. 25, no. 12, pp. 1109–1111, 2004.
- [10] INM, ONAC, and RCM, "Guía para la Calibración de Termómetros de Radiación - INM/GTM-T/02." Bogotá, 2019.
- [11] ASTM E2847-14, "Standard Test Method for Calibration and Accuracy Verification of Wideband Infrared Thermometers," *ASTM Int. West Conshohocken, PA, 2014*, 2015, doi: 10.1520/E2847.
- [12] CENAM –ema, "Guía técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la calibración de Termómetros de Radiación." Queretano, 2018.
- [13] CEM, "Procedimiento TH- 002 para la Calibración de Termómetros de Radiación de Infrarrojo." Madrid, 2008.
- [14] ASTM E1256 – 17, "Standard Test Methods for Radiation Thermometers (Single Waveband Type)," *ASTM Int. West Conshohocken, PA, 2014*, 2017, doi: 10.1520/E1256-15.3.1.1.
- [15] JCGM 100:2008, "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement: GUM 1995 with minor corrections." BIPM, 2008.
- [16] ISO/IEC 17025:2017, "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración." 2017.

## ANEXO 1. CALIBRACIÓN DE UN TERMÓMETRO INFRARROJO A 37 °C

Datos del termómetro infrarrojo:

✓ Emisividad: 0.98



**GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS CLÍNICOS DE RADIACIÓN EN CALIBRADORES DE PLACA PLANA**

2020-05-11  
Versión No. 1

- ✓ Banda espectral: 8  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$
- ✓ Resolución: 0.1  $^{\circ}\text{C}$
- ✓ Distancia de calibración: 2 cm
- ✓ Spot: 1 cm

Patrón: Calibrador de placa plana. Emisividad: 0.98. Banda espectral: 8  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$ .

Se realizaron nueve mediciones obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla A1.** Registros de Medición

n	$T_{IBC}, ^{\circ}\text{C}$	$T_P, ^{\circ}\text{C}$
1	37.3	37.00
2	37.3	37.00
3	37.3	37.00
4	37.3	37.00
5	37.3	37.00
6	37.2	37.00
7	37.3	37.00
8	37.3	36.99
9	37.3	37.00
<b>Promedio</b>	<b>37.3</b>	<b>37.00</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.03</b>	<b>0.003</b>

El certificado de calibración del patrón contiene la siguiente información:

**Tabla A2.** Datos del certificado de calibración de la fuente

Temperatura, $^{\circ}\text{C}$	Corrección, $^{\circ}\text{C}$	Factor de Cobertura	Incertidumbre de medición, $^{\circ}\text{C}$
37.00	0.23	2.0	1.5

La temperatura del patrón  $T_P$  se determina a través del promedio para el patrón en la Tabla A1 y considerando la corrección del certificado en la Tabla A2:

$$T_P = 37.00 \text{ } ^{\circ}\text{C} + (0.23 \text{ } ^{\circ}\text{C}) = 37.23 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Los valores del IBC se toman del promedio de lecturas de la Tabla A1. La corrección del IBC se calcula a partir de la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

$$C = T_P - T_{IBC} = 37.23 \text{ °C} - 37.3 \text{ °C} = -0.1 \text{ °C}$$

La incertidumbre por repetibilidad del patrón se toma como la desviación estándar de la Tabla A1

$$u(\delta T_{P, Rep}) = 0.003 \text{ °C}$$

La incertidumbre de calibración se toma del certificado de calibración en la Tabla A2.

$$u(\delta T_{P, Cal}) = 1.5 \text{ °C}$$

La diferencia histórica de las calibraciones en el intervalo de medición es de 1.0 °C

$$u(\delta T_{P, Der}) = 1.0 \text{ °C}$$

El laboratorio controla las condiciones ambientales en  $22 \pm 5 \text{ °C}$ . Este valor fue tomado como la componente de incertidumbre por la radiación reflejada

$$u(\delta T_{P, Refl}) = 5.0 \text{ °C}$$

La incertidumbre en la emisividad de la placa se tomó como 0.05

$$u(\delta T_{P, \epsilon}) = 0.05$$

La incertidumbre por repetibilidad del IBC se toma como la desviación estándar de la Tabla A1

$$u(\delta T_{IBC, Rep}) = 0.03 \text{ °C}$$

La resolución del IBC es 0.1 °C por lo que la contribución a la incertidumbre es de 0.05 °C de acuerdo con la Tabla 3

$$u(\delta T_{IBC, Res}) = 0.05 \text{ °C}$$

Las variaciones por distancia y alineación se estimaron de acuerdo con los numerales 0 y 0. Se obtuvieron valores de 0.19 °C y 0.29 °C respectivamente.

$$u(\delta T_{IBC, VD}) = 0.31 \text{ °C}$$

$$u(\delta T_{IBC, VA}) = 0.41 \text{ °C}$$

La Tabla A3 muestra las componentes de incertidumbre con los respectivos factores.

**Tabla A3.** Ejemplo de presupuesto de incertidumbre de medición para la calibración de un termómetro infrarrojo a 37 °C.

**GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS CLÍNICOS DE  
RADIACIÓN EN CALIBRADORES DE PLACA PLANA**

2020-05-11  
Versión No. 1

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre		Factor	Incertidumbre estándar		Coeficiente de sensibilidad		Contribución	
		°C			°C				°C
Repetibilidad de la fuente	0.00	°C	3.00	0.00	°C	1	-	0.00	°C
Incertidumbre de calibración de la fuente	1.50	°C	2.00	0.75	°C	1	-	0.75	°C
Deriva de la fuente	1.00	°C	1.73	0.58	°C	1	-	0.58	°C
Radiación reflejada	5.00	°C	1.73	2.89	°C	0.1	-	0.29	°C
Emisividad	0.05	°C	1.73	0.03	--	26	°C	0.75	°C
Repetibilidad del IBC	0.03	°C	3.00	0.01	°C	-1	-	0.01	°C
Resolución del IBC	0.05	°C	1.73	0.03	°C	-1	-	0.03	°C
Variación de distancia	0.31	°C	1.73	0.11	°C	-1	-	0.18	°C
Alineación	0.41	°C	1.73	0.17	°C	-1	-	0.24	°C

La incertidumbre combinada se obtiene a partir de la ecuación (2)

$$u(C) = 1.3 \text{ °C}$$

La incertidumbre expandida se obtiene a partir de la ecuación (3)

$$U = 2 \cdot 1.3 \text{ °C} = 2.6 \text{ °C}$$

Los resultados se pueden presentar como ilustra la Tabla A4.

**Tabla A4.** Ejemplo de tabla de resultado para la calibración de un termómetro infrarrojo a 37 °C.

Temperatura, °C	Corrección, °C	<i>k</i>	Incertidumbre de medición, °C
37.3	-0.1	2.0	± 2.6

**Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM**  
**Subdirección de Metrología Física, Red Colombiana de Metrología.**  
**Av. Cra 50 No 26-55 Int. 2 CAN - Bogotá, D.C. Colombia**  
**Conmutador: (571) 254 22 22**  
**E-mail: [contacto@inm.gov.co](mailto:contacto@inm.gov.co)**  
**[www.inm.gov.co](http://www.inm.gov.co)**  
**[www.rcm.gov.co](http://www.rcm.gov.co)**

**Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC**  
**Av. Calle 26 # 57 – 83, Torre 8, Oficina 1001 - Bogotá, D.C. Colombia**  
**PBX: +571 742 7592**  
**E-mail: [onac@onac.org.co](mailto:onac@onac.org.co)**  
**[www.onac.org.co](http://www.onac.org.co)**