



La medición con termómetros de radiación (de no contacto) es afectada por una gran cantidad de factores: instrumentales y ambientales.

Un dato metrológico relevante para la operación (al medir) y la calibración es conocer el campo de visión del instrumento, normalmente indicada por los fabricantes en la *relación de distancia*, definida en IEC 62492-1 (IEC 62492-1, 2008) como "la relación entre la distancia de medición y el diámetro del campo de visión cuando el objetivo está enfocado"; por lo general, se indica el campo de visión en la que la señal ha caído a una cierta fracción de su valor integrado total (señal máxima). El valor de la fracción debe ser al menos del 90 %; los valores típicos son 90 %, 95 % y 99 %. (Muchos de los fabricantes no indican el % de la fracción de señal).

Ejemplo de la descripción de:

Campo de Visión	19 mm de diámetro (90 %), a una distancia de medición de 900 mm
Relación de Distancia	30:1 (90 %), distancia de medición 1,15 m

Otra forma es por medio de diagramas del campo de visión, pero no exime a mostrar la información completa:

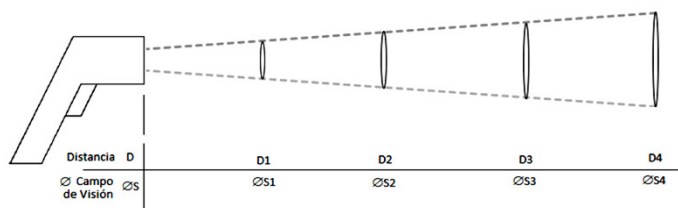


Figura 1. Diagrama óptico de un termómetro infrarrojo de foco abierto

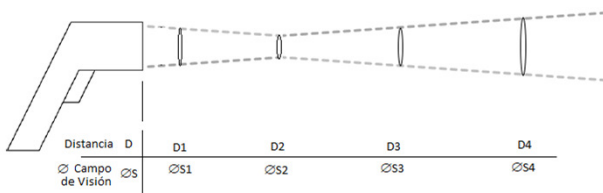


Figura 2. Diagrama óptico de un termómetro infrarrojo de foco cerrado

Conocer el campo de visión a la distancia de enfoque es importante debido a que la exactitud del instrumento es gran parte limitada por el efecto que tiene el tamaño de la fuente (al calibrarlo) o del objeto (al medir). Es decir, dentro de las especificaciones del fabricante se debería indicar la geometría de la calibración bajo la cual especifica la exactitud del instrumento.

¿Por qué afecta el tamaño de la fuente?

“El Efecto del Tamaño de la Fuente es la diferencia en las indicaciones de temperatura del termómetro infrarrojo cuando cambia el tamaño del área radiante de la fuente observada” de acuerdo a IEC 62492-1 (3.1.7) (IEC/TS 62492-1, 2008)

Los termómetros Infrarrojos cuentan con un sistema óptico el cual transfiere el flujo radiante de un área del objeto a medir al detector, la cual pasa por un filtro que permite sólo el paso de cierto intervalo de longitud de onda (respuesta espectral). Cuenta también con aperturas que son utilizadas para definir los parámetros del campo de visión.

$$\begin{aligned} & \text{ETF} \\ & \text{SSE} \\ & = \\ & \Delta T = \\ & T_{\varnothing_1} - T_{\varnothing_2} \end{aligned}$$

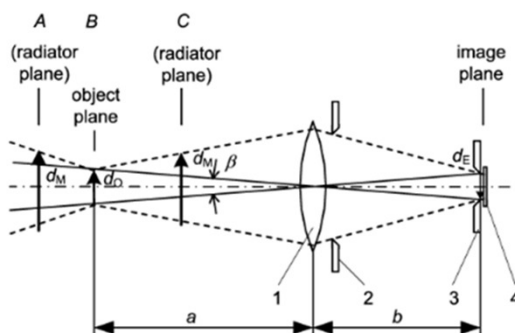


Figure 47. Schematic ray diagram of a radiation thermometer

- 1 lens
- 2 aperture plate
- 3 field aperture
- 4 radiation detector

Figura 3, Diagrama esquemático de un Termómetro de Radiación (arreglo óptico simple) (VDI/VDE 3511 Parte 4, 2011, Figura 47)

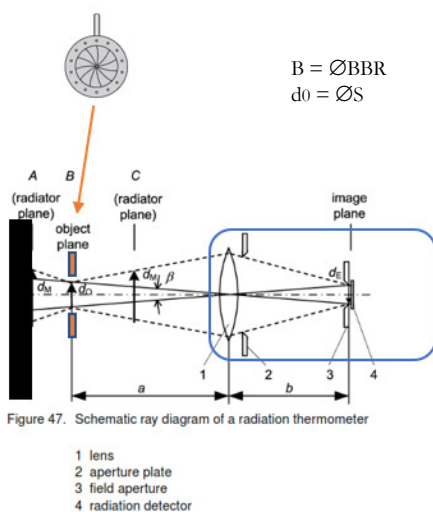
Un termómetro Infrarrojo “ideal” no tendría efectos debidos a la óptica, la señal recibida a través el campo de visión llegaría sin pérdidas al detector. Pero debido a imperfecciones del sistema óptico de los termómetros, rayones y o contaminación (polvo, grasa) en la superficie, hay una contribución en la que radiación de superficies fuera del campo de visión lleguen al detector y se incluyan en la medición. Por lo tanto, la indicación del termómetro depende también del tamaño del objeto, lo cual está definido como efecto del tamaño de la fuente (ETF o SSE –Siglas en inglés).

Por lo tanto, es importante indicar el diámetro del campo de medición en el que la señal ha caído a una fracción particular de su valor máximo. El valor máximo es la medida producida por una fuente de radiación hemisférica (100 %).

Ejemplo: (VDI/VDE 3511 Parte 4, 2011)

En la figura suponemos que en el plano A hay un radiador de superficie negra con un diámetro muy grande y la emisividad es igual a 1 (teórica). Su temperatura  $T_{Sup}$  es mucho más alta que la temperatura ambiente  $T_{Amb}$ .

$\sigma_1 = 100\%$   
@  
BBR  
Hemisférico  
≈  
BBR  $\gg$   $\varnothing S$   
 $\varnothing_{BBR} \gg \varnothing S$

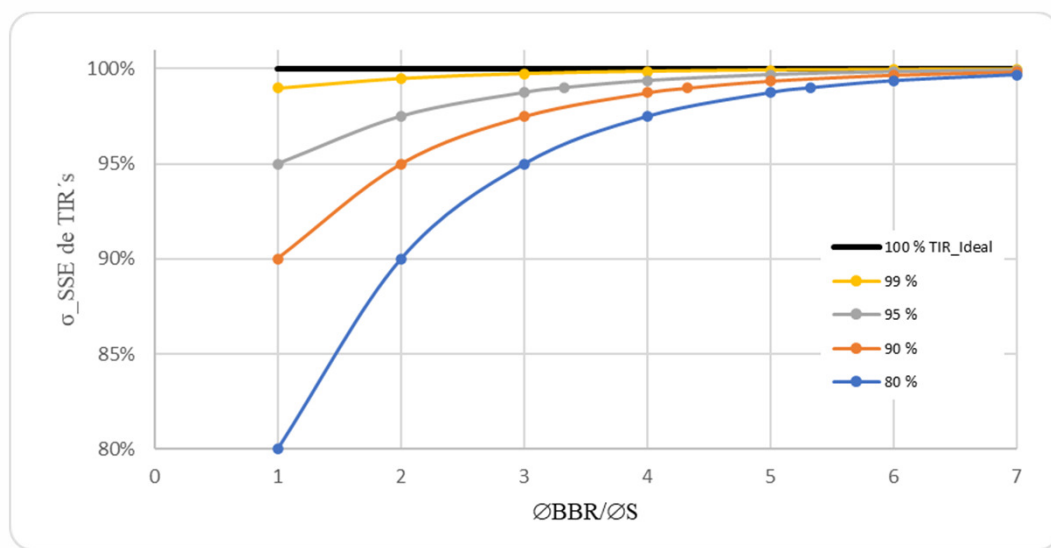


Una apertura con un diámetro variable se coloca en el plano del objeto B. La señal de salida de un termómetro de radiación "ideal" (es decir, sin ETF) depende sólo de  $T_{Sup}$ , siempre que el diámetro de apertura B sea mayor que campo de visión  $d_0$ . La señal de salida con una apertura cerrada B depende de la temperatura de la placa de apertura. Esto se puede considerar igual a la  $T_{Amb}$ .

Para termómetros "reales", si el diámetro de la apertura B es variado de 0 (cerrado) a diámetros más grandes que el diámetro del campo de visión  $d_0$  del termómetro, obtendremos señales que dependerán del diámetro de apertura.

El siguiente diagrama muestra señales de diferentes tipos de termómetros con fracciones de señales típicas. Las curvas son presentadas a partir de que el diámetro del campo de visión del instrumento ( $\varnothing S$ ) es igual al diámetro de la apertura (o diámetro del radiador  $\varnothing BBR$ ).

$$\sigma = f(\varnothing BBR / \varnothing S)$$



La curva 100 %, muestra un termómetro Infrarrojo "ideal" sin ETF, la señal radiada llega (sin pérdidas, ni ganancias) al detector cuando el diámetro de la apertura  $B$  ( $\varnothing BBR$ ) es igual al diámetro del campo de visión  $\varnothing S$ . Termómetros de radiación reales tienen efectos por el tamaño de la fuente: curvas 99 %, 95 %, 90 %, 80 %. Uno de los valores típicos reportados por los fabricantes en el campo de visión es al 90 % (indicado en las líneas punteadas en rojo, curva de Cywiak, D. *et al.* 2014).

Para conocer el comportamiento de cada instrumento y bajo las condiciones actuales de su óptica se tendría que conocer por medio de una caracterización, comúnmente realizado a termómetros de referencia.

Por ello es importante que en los Certificados de Calibración se reporte la geometría de calibración ya que los resultados sólo serán válidos bajo esta condición y si el usuario utiliza el instrumento en otras condiciones (diámetros de objetos de distinto tamaño, distancia) tendrá que evaluar los ETF, adicional a los efectos por emisividad.

Al momento de llevar a cabo la calibración se trata de reproducir las condiciones óptimas en las cuales el instrumento puede medir: a la distancia de enfoque y que el detector del termómetro reciba el 100 % de la señal emitida por la fuente radiante; cuando no es posible reproducir la condición óptima se procura realizar la calibración dentro de las condiciones límite y realizar las correcciones por el efecto del tamaño de la fuente:

Mantener una relación entre el diámetro del área efectiva de la superficie (fuente de radiación)  $\emptyset$ BBR y el campo de visión del instrumento  $\emptyset$ S, tal que:

- la fracción de potencia suministrada por el radiador ( $\sigma$ ) sea mayor al 99 %, lo cual se considera la mejor *condición óptima*,
- relaciones para un  $\sigma \geq 90$  % o 95 % (según la especificación del fabricante) se considera una *condición límite o suficiente* y
- relaciones para un  $\sigma < 90$  % o 95 % (según la especificación del fabricante) se considera *pobre o insuficiente*, lo cual introduce incertidumbres importantes en la calibración del termómetro debido a los efectos del tamaño de la fuente del laboratorio.

Con la *relación de distancia* se calculan los parámetros de la *geometría de calibración* la cual está determinada por la apertura disponible (área efectiva) del radiador y el diámetro del campo de visión del termómetro (que relaciona a la distancia de medición).

En el Certificado de Calibración de MetAs, dentro de la tabla de calibración se indica la geometría bajo la cual se lleva a cabo la calibración, la cual incluye:

- ( $\sigma$ \_Exp) Fracción de la señal radiada en % (Experimental), la cual expresa el porcentaje de la señal suministrada por el radiador bajo las cuales se lleva a cabo la calibración.

Nota: Referencia del modelo para la función de SSE ver (Cywiak, D. *et al.* 2014).

-(D) Distancia de Calibración, (distancia de medición), la cual se procura en primer lugar que sea igual a la distancia de enfoque especificada por el fabricante o en su caso una distancia menor, más corta, la cual permita garantizar una fracción de energía mayor a la fracción de energía especificada por el fabricante.

-( $\emptyset$ BBR) Diámetro del radiador y ( $\emptyset$ BBR/ $\emptyset$ S) Relación Experimental del Diámetro del radiador y el Diámetro del Campo de Visión ( $\emptyset$ S) del instrumento bajo calibración.

Geometría de  
Calibración:

Distancia de  
Medición  
(Calibración)

$\emptyset$  Radiador BBR

$\emptyset$  Campo de  
Visión TIR

Adicionalmente se calcula cuál sería la respuesta del instrumento normalizando para un valor de  $s$  (sigma) igual a uno o 100 % ( $\sigma = 100\%$ , Condición de Valor Hemisférico,  $\sigma_1$ ), es decir, corregido por efectos del tamaño de la fuente cuando no se cumplen las condiciones óptimas.

$\sigma$ :

Óptimo,  
Límite/Suficiente,  
Pobre/Insuficiente

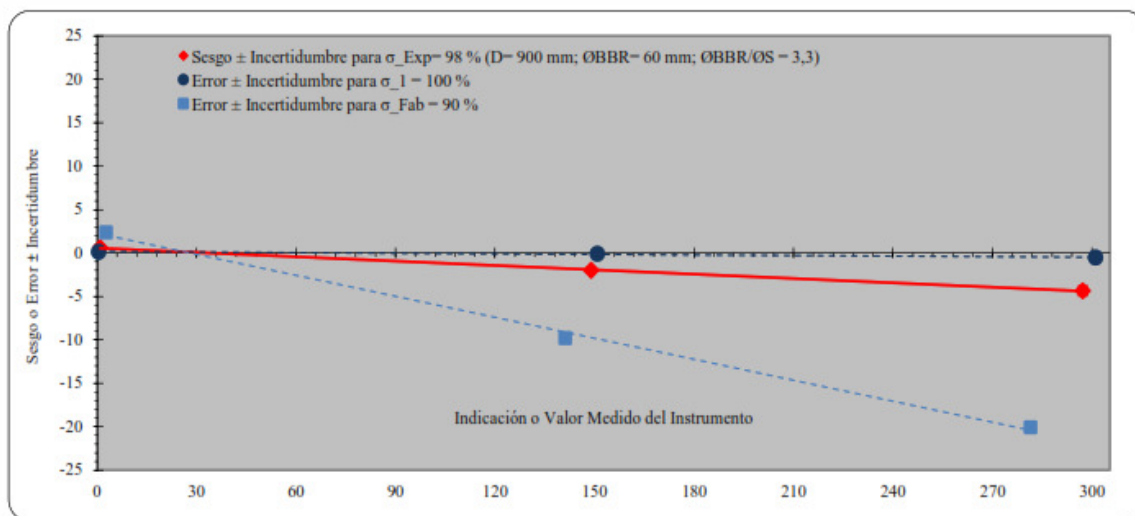


Figura 4 . Ejemplo de un Diagrama de Calibración

Los resultados experimentales de la calibración (figura 4) y las condiciones ideales o límites, representan los diferenciales de temperatura por el efecto del tamaño de la fuente, si el usuario utiliza condiciones y geometrías diferentes de la calibración deberá realizar correcciones por este efecto, adicional a las otras variables de influencia.

El objetivo de esta Guía es orientar sobre la importancia de conocer una de las principales magnitudes que influyen en la medición con termómetros infrarrojos, para evaluar este efecto recomienda revisar los documentos:

MSL TG 26 (2017). Size of Source Effect in Infrared Thermometers. Ver. 2, MSL. Saunders, P.

Cywiak, D., Cárdenas, D., Rodríguez, H. (2014). Modelo de la Función del Efecto del Tamaño de la Fuente en Termómetros de Radiación. CENAM

## MÉTODOS NORMALIZADOS Y REFERENCIAS

IEC/TS 62492-1 (2008). Industrial process control devices – Radiation thermometers – Part 1: Technical data for radiation thermometers. Ed. 1.0, IEC.

Cywiak, D., Cárdenas, D., Rodríguez, H. (2014). Modelo de la Función del Efecto del Tamaño de la Fuente en Termómetros de Radiación. CENAM

Guía Técnica CENAM-EMA (2018). Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la Calibración de Termómetros de Radiación.

LGM-16-01 (2019). Termómetro de Radiación, Infrarrojo. La Guía MetAs.

LGM-12-06 (2015). Trazabilidad y Métodos de Calibración en Temperatura de Radiancia. La Guía MetAs.

MSL TG 22 (2017). Calibration of Low Temperature Infrared Thermometers. MSL. Saunders, P.

MSL TG 26 (2017). Size of Source Effect in Infrared Thermometers. Ver. 2, MSL. Saunders, P.

VDI/VDE 3511, Parte 4 (2011). Temperature measurement in industry. Radiation thermometry. VDI/VDE

