

Recomendaciones para la calibración y uso de Termómetros de Radiación Infrarroja

Billy Quispe Cusipuma

Laboratorio de Temperatura - SNM

Mayo 2013

INSTITUTO NACIONAL
DE DEFENSA DE LA
COMPETENCIA Y DE LA
PROTECCIÓN DE LA
PROPIEDAD INTELECTUAL



Introducción

Los Termómetros de Radiación Infrarroja (TIR) portátiles se emplean cada vez más debido a su bajo costo de adquisición, las industrias que demandan con mayor frecuencia este tipo de instrumentos son los del sector alimentario, construcción, farmacéutico y otras que requieren medir procesos a bajas temperaturas entre -50 ° C a 500 ° C.

Termómetros infrarrojos más comunes

- Estos termómetros usualmente emplean como sensor una termopila (sin compensación de temperatura) y detectan radiación en el rangopectral de 8 μm a 14 μm o rangos similares. La emisividad usualmente está configurada a 0,95.



Emisividad

- Relación entre la radiancia emitida por la superficie de un material y la emitida por un cuerpo negro a igual temperatura. Se utiliza el término emitancia para indicar la emisividad de una muestra o un cuerpo. La intensidad de radiación emitida por un cuerpo no sólo depende de su temperatura, sino también en una propiedad llamada *emisividad*, esto es, la capacidad de un cuerpo para emitir radiación infrarroja.

La *emisividad* es un número que va de 0 a 1 que caracteriza lo bien que un cuerpo emite radiación.

Radiación Reflejada

- Es la capacidad de un cuerpo para reflejar radiación infrarroja, depende la calidad de la superficie del cuerpo. Una complicación adicional en la medición de los termómetros infrarrojos es que los cuerpos no son cuerpos-negros son reflectores parciales de radiación.
- Esto es, un cuerpo con una emisividad de 0,8 tiene una reflectividad de 0,2. Esto significa que el 20% de la radiación que llega al sensor es radiación de los cuerpos que se encuentran alrededor.

Factor de Transmisión

- Es la capacidad que tiene un cuerpo para admitir radiación infrarroja, depende del tipo de material, sección transversal y espesor del cuerpo.

Tabla de Emisividad

Material	Emisividad (ϵ)
Cuerpo negro	1
Piel humana	0.98
Agua	0.98
Amianto	0.95
Cerámica	0.95
Barro	0.95
Cemento	0.95
Tejido	0.95
Grava	0.95
Papel	0.95
Plástico	0.95
Goma	0.95
Madera	0.95
Cobre (oxidado)	0.68
Acero inoxidable	0.1
Cobre (pulido)	0.02
Aluminio (pulido)	0.05

Ley de Kirchhof y la Emisividad

- Para una energía incidente sobre una superficie, las proporciones de energía reflejada, transmitida y emitida suman 1; esto es: $\varepsilon + \rho + \tau = 1$
- La ley de Kirchhof estable que si un cuerpo (o superficie) está en equilibrio termodinámico con su entorno, éste cuerpo no absorbe energía, por lo tanto, no existe transmisión de energía; a este tipo de cuerpos que se les denomina cuerpos opacos.
- Para cuerpos (ó superficies) opacos $\tau = 0$

$$\varepsilon + \rho = 1$$

Función de respuesta de un termómetro

- La señal medida es usualmente una corriente o un voltaje generado por el detector de un termómetro infrarrojo. Esta señal generada por el detector varia de forma no lineal en función de la temperatura del cuerpo a medir. La relación que describe esta función es la ecuación de Sakuma-Hattori la cual es una aproximación de la ecuación de radiación de Planck que se muestra a continuación:

$$S(T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]}$$

Función de respuesta de un termómetro

Ecuación de Sakuma – Hattori

$$S(T) = \frac{C}{\exp\left(\frac{c_2}{AT+B}\right) - 1} \quad T = \frac{c_2}{A \ln\left(\frac{C}{S} + 1\right)} - \frac{B}{A}$$

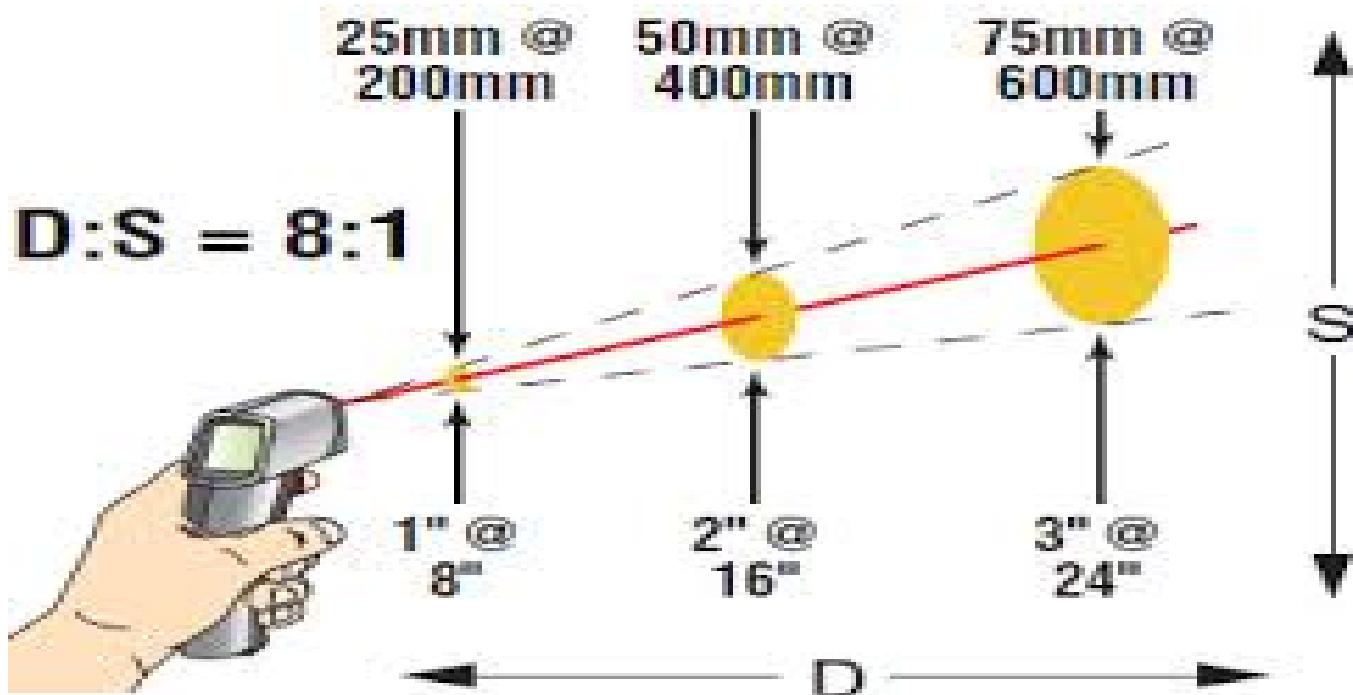
- Donde A, B y C son constantes que describen las características del termómetro infrarrojo en función de su rangopectral en la mayoría de casos (8 μm a 14 μm).
- C_2 es la constante de radiación de valor 14 388 $\mu\text{m.K}$

Recomendaciones para la medición del TIR

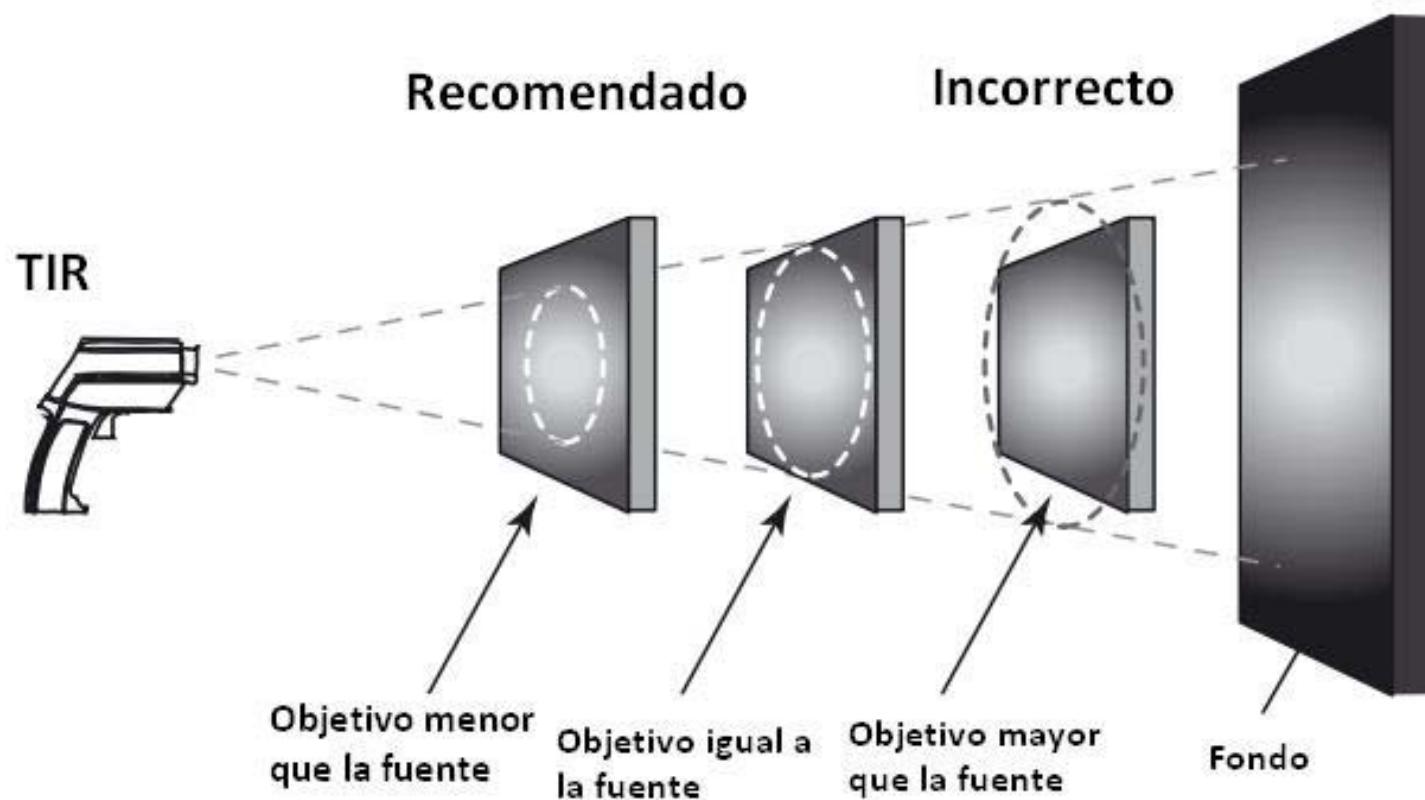
Influencia de los medios:

- Partículas de polvo y suciedad
- Humedad, vapor ó gases
- Cambios de temperatura en el instrumento de medición: (sí es posible guarde el TIR en el lugar en donde se va a realizar la medición)
- Respetar la relación distancia-objetivo (D:S) indicado por el fabricante

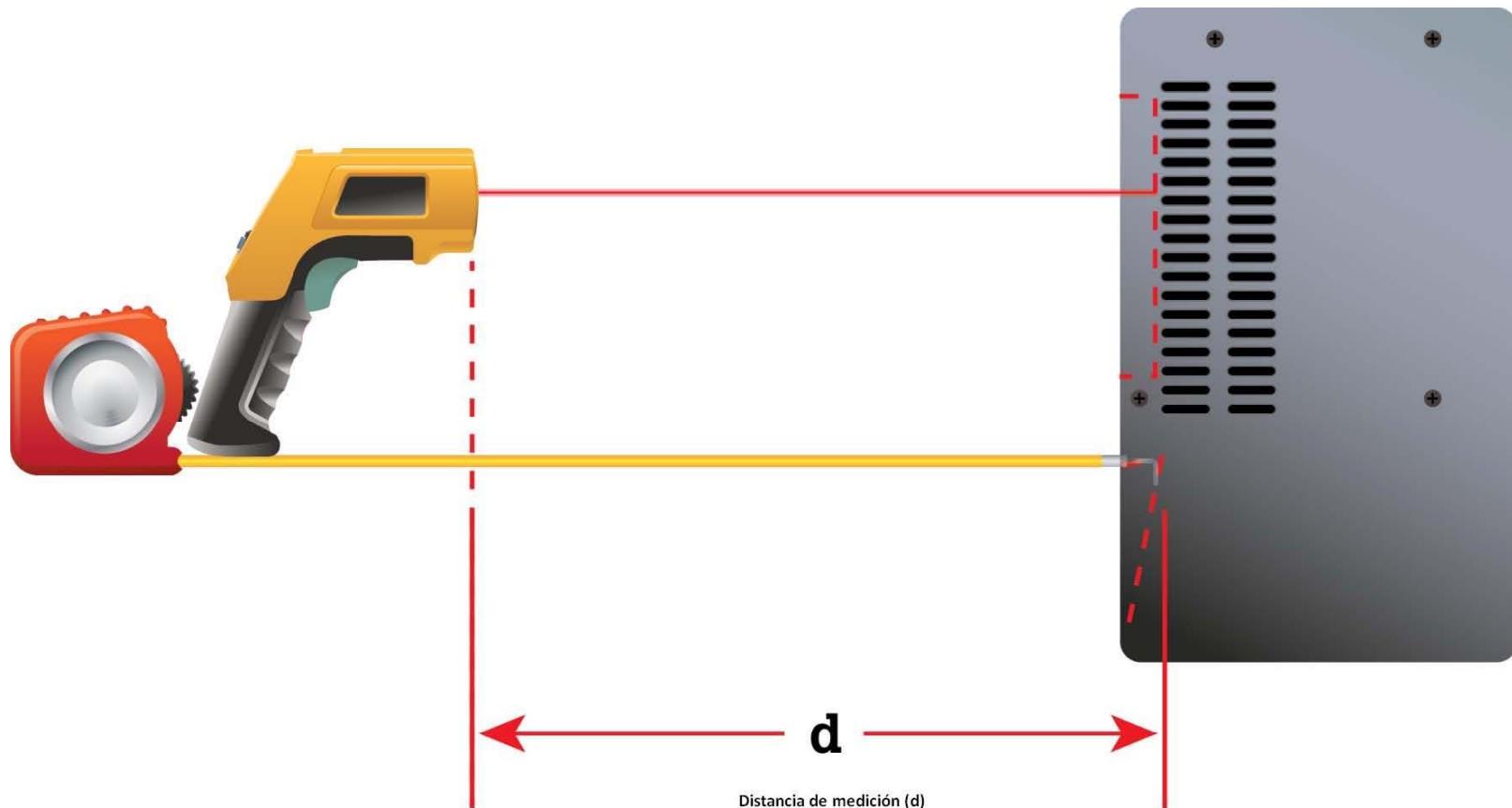
Relación Distancia Objetivo (D:S)



Relación Distancia Objetivo (D:S)



Alineación apropiada del termómetro infrarrojo para su calibración



Procedimiento de calibración

- Ajuste la temperatura del TIR a la temperatura ambiente (si es posible realizar en el instrumento).
- La emisividad del cuerpo opaco debe ser igual a la emisividad del TIR a calibrar ($\varepsilon_s = \varepsilon_{TIR}$).
- Alinear el TIR con la fuente de radiación
(De forma perpendicular al plano de la superficie de la fuente).
- Realizar la medición durante 10 veces el tiempo de respuesta del TIR (sí el tiempo de respuesta del TIR es 0,5 segundos, realizar la medición por 5 segundos).

Análisis de la Incertidumbre

- **De la fuente (*cuerpo negro*)**
 - Emisividad de la fuente
 - Temperatura de la fuente
 - Radiación del ambiente reflejada
 - Intercambio de calor de la fuente
 - Condiciones ambientales
 - Uniformidad de la fuente
 - Por interpolación
 - Deriva

Análisis de la Incertidumbre

- **Para el Termómetro de radiación infrarroja**
 - Efecto de Tamaño de fuente
 - Temperatura ambiente
 - Absorción atmosférica
 - Resolución del indicador
 - Desviación estándar de las lecturas

Recomendaciones prácticas

- Evitar sujetar el TIR con la mano en la parte donde se encuentra el sensor del instrumento, si este no tiene compensación de temperatura automática, la temperatura del TIR será mayor a la temperatura ambiente y esto puede provocar errores de indicación.
- ¡Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del objeto de medición y la temperatura ambiente y menor sea la emisividad, los errores debidos a un ajuste incorrecto de la emisividad son mayores!

Recomendaciones prácticas

- **A temperaturas inferiores a la temperatura ambiente**
 - Un ajuste demasiado elevado de emisividad supondrá una indicación demasiada baja de la temperatura del TIR
 - Un ajuste demasiado bajo de emisividad supondrá una indicación demasiada alta de la temperatura del TIR
- **A temperaturas superiores a la temperatura ambiente**
 - Un ajuste demasiado elevado de emisividad supondrá una indicación baja de temperatura del TIR
 - Un ajuste demasiado bajo de emisividad supondrá una indicación alta de temperatura del TIR

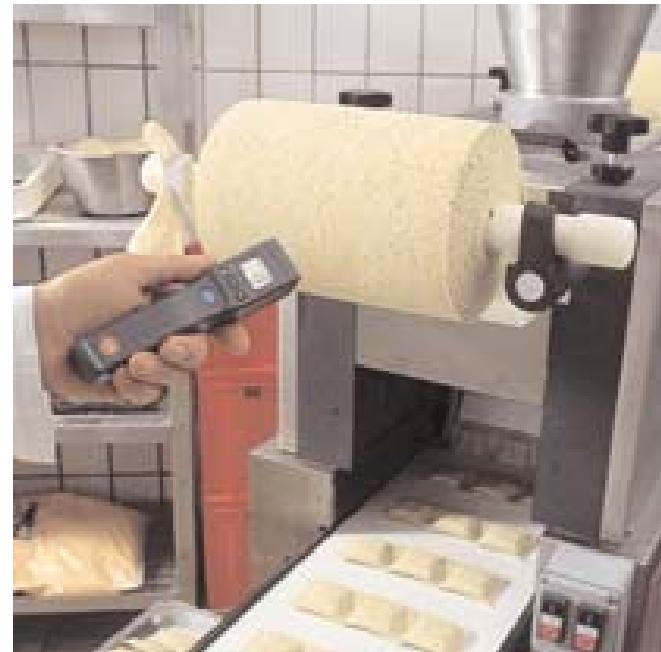
Ejemplos de aplicaciones en la industria

- Detectar temperaturas en tableros eléctricos, medición en circuitos eléctricos, superficies de rodamientos, transistores en circuitos impresos, etc.



Ejemplos de aplicaciones en las industria

- En piezas en movimiento como rollos de papel, en motores de vehículos, neumáticos en movimiento, producción de telas, etc.



Ejemplos de aplicaciones en las industria Alimentaria

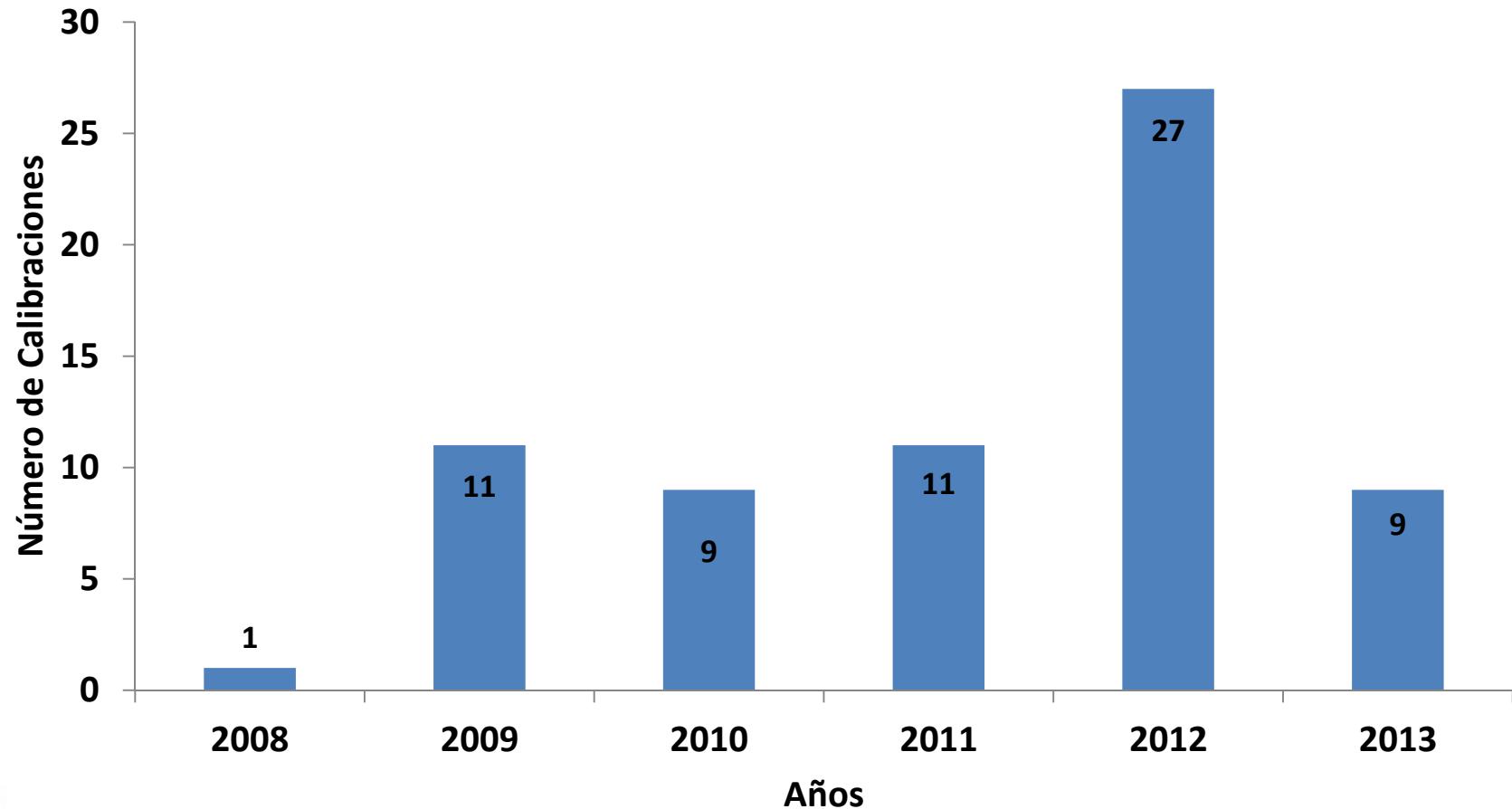
- En la conservación y almacenamiento de productos envasados y preparación de alimentos.



Ejemplos de aplicaciones en Salud Pública – Control de enfermedades



Evolución de las calibraciones de IR en el LT



Referencias

- Procedimiento TH-002e para la Calibración de Termómetros de Radiación de Infrarrojo, versión electrónica, CEM
- CCT-WG5 on Radiation Thermometry - Uncertainty Budgets for Calibration of Radiation Thermometers below the Silver Point, Versión final 1.71, Abril 2008
- Uncertainty budgets for ir Temperature Measurement – An Overview, Frank Liebmann, Fluke - Hart Scientific
- Calibration of Low-Temperature Infrared Thermometers, MSL Technical Guide 22, Peter Saunders, Junio 2009

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Consultas:

bquispe@indecopi.gob.pe

billy.qc@gmail.com