LPGC
Laboratorio de Calibración

GUÍA PARA LA CORRECTA SELECCIÓN Y USO DE TERMÓMETRO INFRARROJOS PARA PIEL HUMANA

Esta guía tiene como objetivo dar la información necesaria para la adecuada elección y uso de los termómetros infrarrojos que son utilizados para la medición de temperatura en seres humanos sin contacto.

Nota: Este documento se basa en: ”Guía para la selección y uso de termómetros de radiación infrarroja para piel humana (medición de temperatura sin contacto)” del Inacal, Perú.

INTERVALO DE MEDICIÓN DE LOS EQUIPOS

Los termómetros de radiación infrarroja para la medición de temperatura en humanos usualmente presentan un intervalo de medición desde 34.0 °C a 42,0 °C la medición se realiza en la frente o sien de la persona, sin tener contacto.

TERMINOS Y DEFINICIONES

Intervalo de Medición: **Conjunto de los valores de magnitudes de la misma naturaleza que un instrumento o sistema de medición dado puede medir con una incertidumbre instrumental especificada bajo determinadas condiciones.**

Resolución: **Forma reducida de resolución de un dispositivo visualizador, que significa la diferencia más pequeña entre indicaciones visualizadas, que puede distinguirse de forma significativa.**

Longitud de onda de operación: **Se refiere a la longitud de onda característica para la cual un termómetro de radiación monocromática es sensible.**

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

Cuerpo negro: **Cuerpo ideal que absorbe completamente todo flujo radiante incidente independientemente de su longitud de onda y de su dirección, y emite flujo radiante a la máxima densidad espectral de radiancia en todas las longitudes de onda. Un cuerpo negro emite radiación de acuerdo a la ley de radiación de Planck.**

Ley de radiación de Planck: Expresión que describe la distribución espectral de radiancia L(λ,T) de un cuerpo negro a una temperatura T dada (donde T es expresada en kelvin) y a una longitud de onda λ (donde λ es expresada en metros).

Se expresa mediante la fórmula:

$$L(\lambda;T) = \frac{c_{1L}\lambda^{-5}}{e^{(c_2/\lambda T)} - 1}$$

donde: c1L=1,1911x10⁸ W.µm⁴.m⁻².sr⁻¹ ; c² = 0,014388 m.K

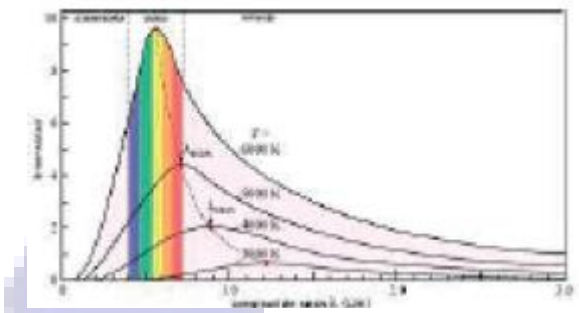

Figura1. Distribución del espectro visible

Emisividad: Relación entre la radiancia emitida por la superficie del material y la emitida por un cuerpo negro a igual temperatura.

Figura 2. Imagen térmica de personas

Termómetro de radiación: **Instrumento que mide la temperatura de un cuerpo mediante la detección de la radiación emitida por aquel cuerpo y el procesamiento de la señal generada.**

Figura 3. Termómetro de Radiación infrarroja

Emisividad instrumental: **Valor elegible o fija de emisividad que puede introducirse en forma analógica o digital al mecanismo de medición de un termómetro de radiación.**

Emisividad ajustada a la que trabaja el termómetro

Figura 4. Emisividad ajustada del termómetro de radiación infrarroja

Exactitud de Medición: **Grado de concordancia entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.**

NOTA 1.- El concepto "exactitud de medición" no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medición.
NOTA 2.- El término "exactitud de medición" no debe utilizarse en lugar de "veracidad de medición", al igual que el término "precisión de medición" tampoco debe utilizarse en lugar de "exactitud de medición", ya que este último término incluye ambos conceptos.
NOTA 3.- La exactitud de medición se interpreta a veces como el grado de concordancia entre los valores medidos atribuidos al mensurando.

Error Máximo Permitido: **Valor extremo del error de medición, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medición dado.**

NOTA 1.- En general, los términos "errores máximos permitidos" o "límites de error" se utilizan cuando existen dos valores extremos.
NOTA 2.- No es conveniente utilizar el término «tolerancia» para designar el "error máximo permitido".

Calibración: **Operación que, bajo condiciones especificadas, establece en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medición asociadas obtenidas a partir de los patrones de medición, 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 medición a partir de una indicación.**

NOTA 1.- Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.
NOTA 2.- Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medición, a menudo llamado incorrectamente "autocalibración", ni con una verificación de la calibración.
NOTA 3.- Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración.

UN POCO DE HISTORIA Y PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE LOS TERMÓMETROS INFRARROJOS

En 1757, Herschel hizo pasar luz solar a través de un prisma de cristal para generar el arco iris, el cual se forma cuando la luz se divide en los colores que la componen. Luego midió la temperatura de cada color. Para ello Herschel utilizó tres termómetros con bulbos ennegrecidos para absorber mejor el calor. Colocó un bulbo en cada color, mientras que otros dos fueron colocados fuera del espectro, como muestras de control. Al medir las temperaturas de la luz violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja, notó que cada color tenía una temperatura mayor que los termómetros de control, y que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo.

Después de realizar ese experimento, Herschel decidió medir la temperatura en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz. Para su sorpresa, descubrió que esta región tenía la temperatura más alta de todas; a esta parte se le conoce como infrarrojo o como su nombre técnico lo indica radiación infrarroja de la luz visible. Esta radiación infrarroja es la que ingresa en el sistema óptico del termómetro infrarrojo y permite conocer la temperatura que emite un cuerpo. Cuando se hace la medición usando un termómetro de radiación a éste ingresa no solo la radiación del cuerpo a medir; sino del ambiente y de las otras superficies alrededor; por esta razón se debe considerar a qué distancia se deben realizar las mediciones para un adecuado enfoque.

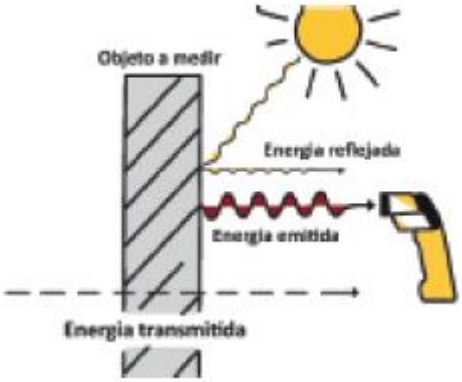

Figura 5. Principio de medición de termómetros de radiación infrarroja

Las diversas emisividades de las superficies de los cuerpos permiten incluso crear imágenes como la mostrada en la figura 2, es por ello que son empleados en la industria para control de piezas de motores; centrales hidroeléctricas; automóviles; etc

TEMPERATURA INFRARROJA EN EL CUERPO HUMANO

Existen diversas metodologías para medir la temperatura del cuerpo humano.
Estas se definen en función a la relación entre la persona sobre la que se mide la temperatura y el termómetro de medida utilizado.

A continuación se detalla la metodología a distancia, utilizado por los termómetros de infrarrojos.

Método a distancia o método por radiación térmica emitida

El método a distancia se basa en el principio de radiación térmica emitida por los cuerpos, la cual es medida a cierta distancia por sensores térmicos de radiación infrarroja.
En este caso no hay contacto directo con el cuerpo (persona).

Para la efectividad del método se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- **Emisividad del cuerpo: capacidad del cuerpo para emitir radicación térmica.**
- **Condiciones ambientales: El ambiente por el que se propaga la radiación térmica.**
- **Capacidad del termómetro: Capacidad del instrumento para recoger la radicación emitida, características ópticas, detector, lentes, alineación, etc)**

Figura 6. Medición de Temperatura de la frente de una persona

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DE UN TERMÓMETRO DE RADIACIÓN

Los termómetros de radiación infrarroja están diseñados para medir la temperatura de la superficie de los objetos a distancia a través de un sistema de lentes que concentran la radiación infrarroja.

Las características de los termómetros infrarrojos:

Relación distancia objetivo (D:S): Es la relación entre la distancia D a la que un termómetro infrarrojo se debe ubicar para ver un área circular de diámetro S del cuerpo a medir.

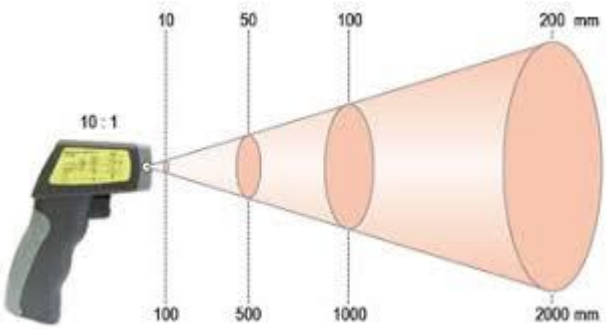

Figura 7. Relación D:S

Resolución: La resolución de los termómetros infrarrojos es de 0,1 °C.

La emisividad instrumental: Valor que debe estar ingresado al termómetro infrarrojo para realizar una correcta medición de la temperatura.

Error máximo permitido: Este parámetro distingue si el termómetro infrarrojo es para usos industriales o para trabajos con mayor exactitud. El error máximo permitido para los industriales es generalmente mayor a ± 1 ºC.

TERMÓMETROS INFRARROJOS PARA MEDICIONES EN LA PIEL DE SERES HUMANOS

Estos termómetros de radiación infrarroja están diseñados para medir la temperatura de la piel de seres humanos, la zona donde se debe realizar la medición es la frente o la sien.

Dadas las características de los lentes que tienen incorporadas nos proporcionan un valor de temperatura a una distancia que suele oscilar entre 1 cm a 15 cm.
Esta distancia está establecida en las especificaciones técnicas de cada termómetro infrarrojo por el fabricante y debe tenerse mucho cuidado en respetarlas durante su uso.

El valor de la emisividad de la piel humana se considera que está entre 0,94 hasta 0,99 (depende de la zona donde se realiza la medida).

Los termómetros infrarrojos para piel humana tienen asignado este valor por defecto (0,98 para la frente).

Estos termómetros infrarrojos, tienen un error máximo permitido de ± 0,3 °C, de acuerdo a la Norma ASTM-1965.

Los termómetros infrarrojos de uso médico deberían contar con un certificado de verificación que demuestre el cumplimiento de estas características metrológicas.

ERRORES EN LA SELECCIÓN DE TERMÓMETROS INFRARROJOS

Es fácil confundir si un termómetro infrarrojo es de uso industrial o de uso médico ya que físicamente son muy similares.

Debido a esto, debemos verificar sus especificaciones técnicas.

Una característica importante es que los de uso médico es el intervalo de medición es desde 34.0 °C hasta 40,0 °C.

Otra característica a tener en cuenta es el error máximo permitido, para uso industrial puede ser de 2ºC, mientras que el de uso médico es de 0.3 ºC.

La distancia para tomar la lectura es entre 1 cm a 15 cm para los de uso médico mientras que para uso industrial es mayor.

Figura 9. Ejemplos de Termómetro infrarrojo industrial y de termómetro infrarrojo médico

ERRORES EN LA MEDICIÓN CON TERMÓMETROS INFRARROJOS

El termómetro infrarrojo es de fácil uso; sin embargo, una correcta medición se debe considerar lo siguiente:

La perpendicularidad de la medición

Dado que las lecturas dependen de la cantidad de radiación infrarroja que ingresa al sistema óptico; la mejor forma de tener una medida correcta es colocar el plano de la lente del termómetro lo más paralelo posible a la superficie a medir (la frente del paciente); de esta manera se asegura la perpendicularidad de la radiación incidente.

Figura 10. Las mediciones se deben hacer respetando la perpendicularidad.

La distancia

Se debe cumplir con la separación indicada por el fabricante para el uso del instrumento. Una variación de algunos centímetros provoca variaciones de algunos grados en la lectura de temperatura.

Figura 11. Medición muy alejada y por lo tanto incorrecta.

Figura 12. Medición correcta de la temperatura de la frente de una persona

El medio ambiente

El medio ambiente más adecuado debe ser cerrado, libre de fuentes intensas de calor (lejos de estufas, hornos, etc) y libre de polvo.

Figura 13. Medición incorrecta por influencia de la radiación solar

Tiempo de medición

El tiempo de medición es de unos pocos segundos (no más de 3 segundos) esto para evitar que otras fuentes de radiación ingresen y alteren la lectura.

RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA UN CORRECTO USO

- **Se debe comprobar la limpieza del lente, en caso de ser necesario, se puede limpiar con un chorro de aire limpio o con un paño limpio que no deje pelusa ni rastro.**

- **Asegurarse de que la zona de medición esté despejada, (pelo, sudor, otros relevantes)**

- **No tocar la parte superior del termómetro infrarrojo pues es ahí donde se encuentra el sensor de temperatura y esto producirá errores en las lecturas.**

- **La mayoría de termómetros tiene un indicador laser para ayudar con la alineación, se debe tener cuidado con las vista del paciente.**