



Guía sobre la tecnología de medición por infrarrojos

Presentamos las informaciones recopiladas por nuestra empresa, tras haber ejercido toda la dedicación y el conocimiento técnico necesarios durante su recopilación, preparación y publicación. No obstante, en cuanto a su aplicación y uso se proporcionan sin garantía – también en lo que respecta a los avances científicos o técnicos, o la actualización jurídica de las normas legales existentes. Se prohíbe la reproducción o utilización de la información contenida en esta publicación, para fines distintos al uso previsto que se describe, sin la autorización previa del autor.

Prólogo

El presente cuadernillo “Guía sobre la tecnología de medición por infrarrojos” fue creado gracias a una recopilación de las preguntas que les surgían diariamente a nuestros clientes sobre el tema Tecnología de medición de temperatura sin contacto.

La medición de temperaturas superficiales sin contacto ya era técnicamente posible alrededor del año 1960, pero los costosos sensores e instrumentos de análisis eran un obstáculo para la amplia aplicación en la industria y los oficios. Gracias a nuevas tecnologías de fabricación y a la disminución de los precios de los componentes, en la década de los 90 se produjo la irrupción exitosa de esta tecnología. Esto demuestra notablemente, por ejemplo, las miles de veces que se han utilizado interruptores de infrarrojos en el ámbito de las instalaciones eléctricas. Así hoy en día es posible disponer de pequeños instrumentos portátiles de bajo costo para la medición de temperatura sin contacto, los cuales no cuestan más que el componente del sensor de un equipo comparable en la década del 70.

La principal aplicación que tienen los instrumentos de medición de temperatura que funcionan sin contacto, es allí donde otros métodos de medición (por ej. los termómetros de contacto) no pueden utilizarse o tienen una aplicación limitada. Ejemplos de esto son las piezas bajo tensión, las superficies irregulares, los objetos con baja conductividad térmica y las piezas giratorias de máquinas o los alimentos envasados, que se dañan al clavarles una sonda de medición.

Dado que con esta técnica de medición se mide y analiza la radiación IR emitida por la superficie del objeto medido, deberán tenerse en cuenta en comparación con la medición por contacto algunas reglas básicas a fin de evitar errores de medición. Estos “Consejos y trucos” se han complementado con ejemplos de la práctica diaria de medición, para darle al usuario una valiosa ayuda orientada a la práctica.

Wolfgang Schwörer,
Director de Product Management

Índice

Prólogo	3
Índice de contenidos	4
1. Radiación térmica	6
1.1 Fundamentos	6
1.2 Ventajas de la tecnología de medición por infrarrojos	7
1.3 Historia de la tecnología de medición por infrarrojos	9
1.4 Espectro de ondas electromagnéticas	10
Ventana atmosférica	12
1.5 Emisión, reflexión, transmisión	13
1.6 El objeto de medición	14
Cuerpo negro	14
Cuerpos reales	15
Cuerpos grises, radiadores selectivos	15
2. Estructura de un instrumento de medición por infrarrojos	16
2.1 Disposición de medición/Sistema de medición	16
2.2 ¿Qué parámetros entran en el resultado de la medición?	17
3. Emisividad	18
3.1 Emisividades típicas	18
3.2 Incidencia sobre el resultado de medición en los ejemplos	19

4. Aplicaciones y consejos prácticos	21
4.1 Fuentes de error/Causas/Compensación en instrumentos de medición por infrarrojos	21
4.2 Solución de diferentes tareas de medición	24
Ejemplos de medición sin contacto	26
Ejemplos de aplicación	28
4.3 Otros consejos prácticos	33
Medidores por infrarrojos	33
Comprobación y calibración	35
Emisividad	35
4.4 Comparación del termómetro por infrarrojos y la cámara termográfica	36
4.5 Resumen: ¿Medición sin contacto o medición superficial por contacto? – Recomendación de Testo	37
Medición de temperatura por infrarrojos sin contacto	37
La medición de temperatura por contacto	38
 Conclusión	 40
 Anexo: Tabla de emisividades	 41

1. Radiación térmica

1.1 Fundamentos

Es un hecho conocido de la vida diaria que todos los cuerpos emiten ondas electromagnéticas, es decir radiación, dependiendo de su temperatura.

Al propagarse esta radiación se transporta energía que permite, finalmente, la medición sin contacto de la temperatura de ese cuerpo a partir de su radiación.

La energía irradiada y sus longitudes de onda características dependen, en primera instancia, de la temperatura del cuerpo radiante.

Idealmente, un objeto medido tomará toda la energía (absorción) y la convertirá en su propia radiación térmica (emisión). En tal caso se habla entonces del llamado “cuerpo negro”. En la naturaleza, este fenómeno nunca ocurre así; más bien tienen lugar adicionalmente la reflexión y transmisión de la radiación en o a través de un cuerpo.

No obstante, para alcanzar en la práctica resultados de medición fiables con sistemas de medición por

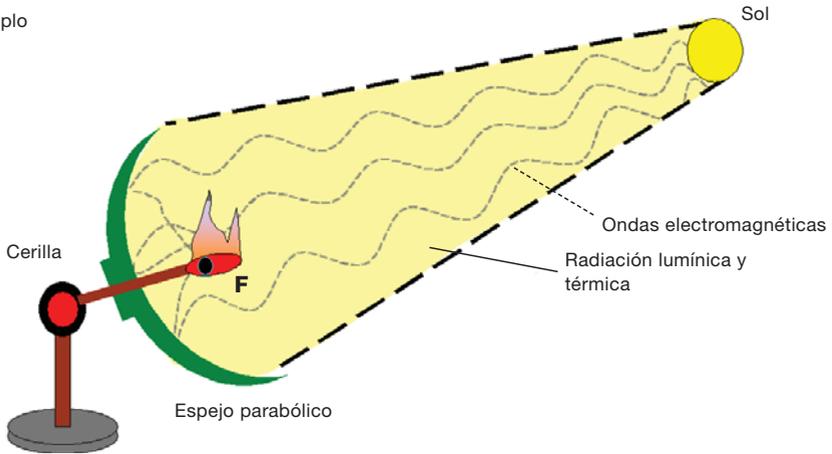
infrarrojos, es necesario detectar con precisión este fenómeno de emisión, reflexión y transmisión (véase también 1.4) o eliminar su influencia con medidas apropiadas.

Esto se hace posible por medio de mediciones de referencia con termómetros de contacto o modificando deliberadamente la superficie de medición, de manera que sea fácil de manipular para la tecnología de medición por infrarrojos; por ejemplo aplicando capas de color con pinturas, mediante pegamento y cola, con revestimientos de plástico o pegatinas de papel.

Qué medidas y cómo han de realizarse, dependerá en última instancia del objeto a medir y del entorno de medición. Una ayuda en la evaluación es proporcionada mediante la clasificación de las aplicaciones según la apariencia de los objetos a medir y sus superficies.

Esto se discutirá más adelante en el punto 4 “Aplicaciones y consejos prácticos”.

Ejemplo



Si se dirige, por ejemplo, un espejo parabólico con un fósforo en el foco del espejo exactamente hacia el sol, el fósforo se encenderá después de un corto tiempo. Esto se debe a la radiación térmica del sol que es concentrada por el espejo parabólico en un punto **F** (focus = foco).

1.2 Ventajas de la tecnología de medición por infrarrojos

En los últimos años se ha podido observar un aumento desproporcionado de las aplicaciones con sistemas de medición por infrarrojos. Es seguro que los siguientes factores han jugado un papel importante en este desarrollo.

- La tecnología de medición por infrarrojos ofrece un fácil registro de la temperatura en procesos rápidos y dinámicos. Esto es posible gracias al corto tiempo de respuesta de sensores y sistemas.
- Los sistemas ofrecen una tecnología moderna y sofisticada, con sensores fiables y avanzados sistemas electrónicos con microprocesador.

- Gracias a la ausencia de reacciones, o sea que no afectan al objeto medido, son factibles las mediciones en línea en superficies sensibles y productos estériles, así como las mediciones en lugares peligrosos o de difícil acceso.

Además de las ventajas técnicas, tampoco debemos ignorar en este desarrollo la fijación de precios favorable al cliente de estos sistemas, a través de una fabricación con costes optimizados, diseñada para la producción de un gran número de unidades.

Los instrumentos de medición de temperatura por infrarrojos son especialmente aptos...

...en malos conductores del calor, como la cerámica, el caucho, plásticos, etc. Una sonda de medición por contacto sólo puede indicar la temperatura correcta, si puede tomar la temperatura del cuerpo que debe medir. En los malos conductores del calor, éste no suele ser el caso, o los tiempos de respuesta son muy largos.



...para determinar la temperatura superficial de superficies rugosas (por ej. revoque, empapelados, etc.). Una medición con sondas es factible con limitaciones, debido al deficiente contacto térmico.



...para piezas que están en movimiento, por ejemplo bandas de papel en marcha, neumáticos en rotación, placas de chapa en movimiento, etc.



...para piezas no accesibles, por ej. alimentos, piezas pintadas, componentes estériles o en medios agresivos.

...para piezas bajo tensión, por ej. componentes eléctricos, barras, transformadores, etc.

...para piezas pequeñas y de poca masa, por ej. componentes y todos los objetos de medición en los que una sonda de contacto extraería demasiado calor, ocasionando mediciones erróneas.

...para medir las áreas más pequeñas y más grandes, mediante la selección de diferentes objetivos.

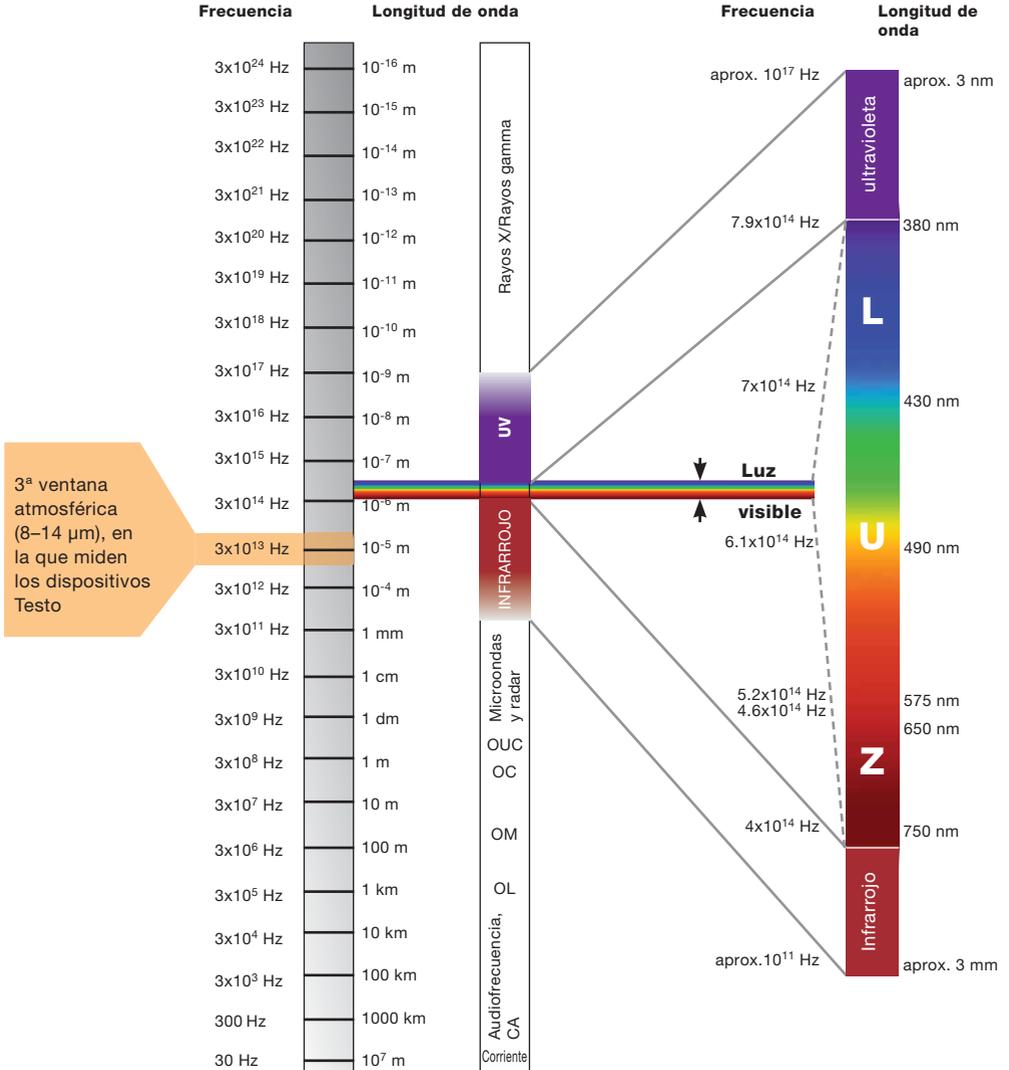
1.3 Historia de la tecnología de medición por infrarrojos

La medición de altas temperaturas fue hasta 1960 la aplicación fundamental de los termómetros de radiación.

Posteriormente, sin embargo, se desarrollaron varios tipos de detectores de radiación que también son sensibles a longitudes de onda mayores de $8 \mu\text{m}$, lo que permite una medición de temperatura fiable y precisa muy por debajo del punto de congelamiento del agua.

- 1800 Herschel descubre el espectro IR a través de experimentos con un termómetro de líquidos y una esfera de absorción de infrarrojos
- 1900 Ley de radiación de Planck
- 1938 Libro "Pirometría óptica" (aplicación en metrología)

1.4 El espectro de ondas electromagnéticas



Explicación:

Aunque la radiación electromagnética siempre sigue las mismas leyes fundamentales de la naturaleza, el ser humano la percibe de muy diferentes maneras. Puede ser percibida en forma de luz o calor; otros rangos del espectro como por ej. los rayos X no se perciben en absoluto, o sólo pueden ser detectados por sus efectos (la luz UV provoca quemaduras solares). El espectro de la radiación electromagnética se extiende a lo largo de aprox. 23 potencias de diez.

Coloquialmente, sólo la parte visible (VIS) de la radiación electromagnética se denomina luz. Abarca la región de longitudes de onda desde 380 nm (violeta) hasta 750 nm (rojo). Los límites de esta región están definidos por la sensibilidad del ojo humano.

En el rango de las longitudes de onda corta le sigue luego la luz ultravioleta (UV).

En la región de longitudes de onda larga, la luz visible limita con el infrarrojo cercano (NIR). Se extiende desde 750 nm hasta 2.5 μm . El siguiente es el rango espectral del infrarrojo medio (MIR o simplemente IR). Se extiende desde 2.5 μm hasta 25 μm . La región del infrarrojo lejano (FIR) comprende las longitudes de onda desde 25 μm hasta aprox. 3 mm.

Ventanas atmosféricas:

¿Qué son las ventanas atmosféricas y por qué se realizan las mediciones en estos rangos?

1ª ventana atmosférica

2 μm – 2.5 μm

2ª ventana atmosférica

3.5 μm – 4.2 μm

3ª ventana atmosférica

8 μm – 14 μm

El rango de longitudes de onda de 8 a 14 μm es adecuado para mediciones de temperaturas bajas y negativas, ya que se utiliza una banda de energía ancha como referencia para generar una señal útil.

En el rango de lo que se conoce como ventanas atmosféricas, no hay, o sólo hay muy poca, absorción o emisión de radiación (electromagnética) por los componentes del aire entre el objeto a medir y los instrumentos de medición. Particularmente a distancias inferiores a 1 m del objeto a medir, en consecuencia, no tienen influencia los gases normalmente presentes en el aire.

1.5 Emisión, reflexión, transmisión

Como ya se mencionó al principio, todos los cuerpos emiten radiación electromagnética por encima del cero absoluto ($0\text{ K} = -273.15\text{ °C}$).

La radiación detectada por el cabezal de medición se compone de la **emisión** del cuerpo que se mide, la radiación secundaria debido a la **reflexión** sobre el cuerpo medido y la **transmisión** a través del cuerpo medido. El dispositivo valora la suma total de esta radiación (100 % ó 1). Dado que el dispositivo no conoce los componentes de la radiación, será necesario indicarle qué proporción de ésta corresponde a la emisión del cuerpo medido (emisividad).

En resumen:

La emisividad (ϵ)

describe la capacidad de un objeto para emitir radiación infrarroja.

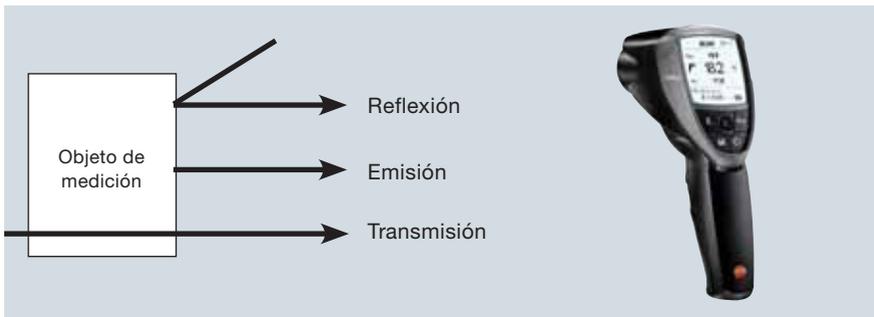
La reflectividad (R)

describe la capacidad de un objeto para reflejar radiación infrarroja. Esta depende de las propiedades de la superficie y del tipo de material.

La transmisividad (T)

describe la capacidad de un objeto para transmitir (dejar pasar) radiación infrarroja. Depende del espesor y tipo de material e indica la permeabilidad del material a la radiación infrarroja.

Estas tres magnitudes pueden adoptar valores entre 0 y 1 (o bien entre 0 y 100 %).



Nota: Para seleccionar la emisividad correcta, véase el capítulo 4.3 "Otros consejos prácticos sobre la emisividad".

1.6 El objeto de medición

El objeto a medir es el centro de atención en toda aplicación. La tarea es determinar su temperatura exactamente y con precisión.

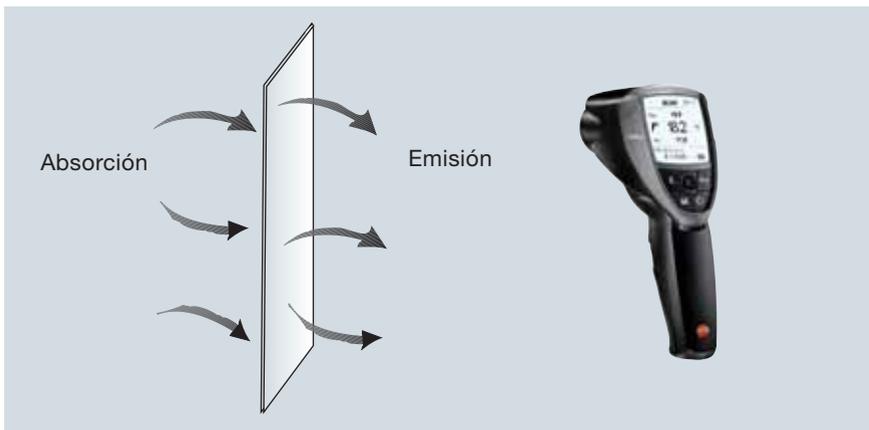
Sean sólidos, líquidos o gases, todo objeto a medir representa un caso particular y específico para un sensor infrarrojo. Esto se debe a que su estado es específico del material y de la superficie. Muchos productos y líquidos orgánicos pueden, por ello,

ser medidos sin necesidad de medidas especiales. Por otra parte los metales, en particular los que tienen superficies reflectantes, requieren consideración especial.

Si la reflexión y transmisión son iguales a 0, se tiene un cuerpo de medición ideal que se denomina “cuerpo negro”, cuya energía irradiada puede calcularse mediante la fórmula de radiación de Planck. Dicho cuerpo ideal tiene una emisividad $\epsilon = 1$.

Cuerpo negro (radiador perfecto)

Absorbe y emite el 100 %. Emisividad $\epsilon = 1$.

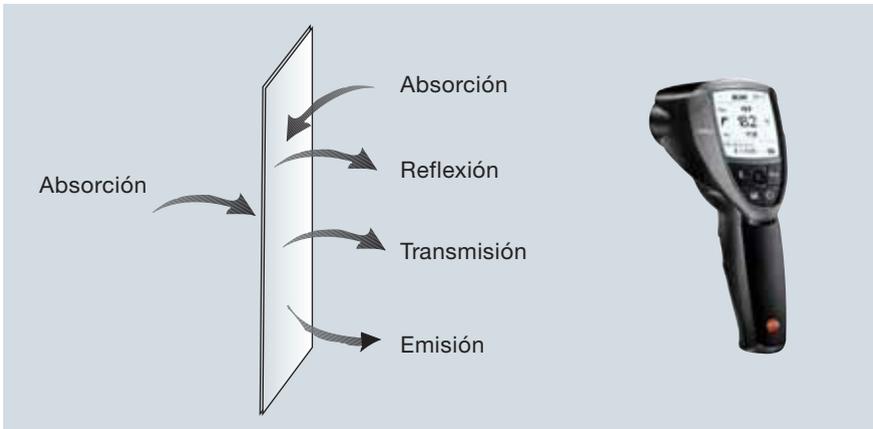


Cuerpo negro

Sin embargo, en la realidad, dichas condiciones ideales no existen. La transmisión y la reflexión siempre interfieren en la medición.

Cuerpo real

Una parte de la radiación se refleja o lo atraviesa. Emisividad $\epsilon < 1$.



Cuerpo real

Cuerpo gris (ϵ inferior a 1)

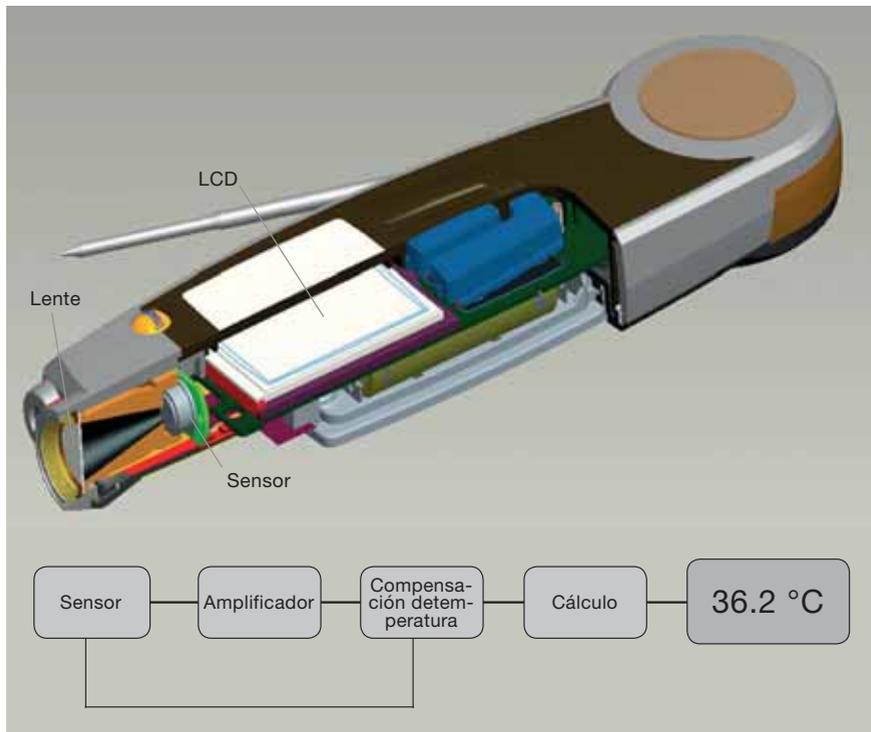
La mayoría de los cuerpos que se encuentran naturalmente se denominan “cuerpos grises”. Presentan la misma característica que los cuerpos negros. Solamente que la intensidad de la radiación producida es menor. Esto se corrige ajustando la emisividad.

Radiadores selectivos

Los radiadores selectivos son materiales donde la emisividad depende de la longitud de onda y por consiguiente de la temperatura. Esto significa que dicho cuerpo presenta diferente emisividad p. ej. a +200 °C que a +600 °C. Este es el caso de la mayoría de los materiales metálicos. En este caso debe tenerse en cuenta que la emisividad ϵ sea determinada a la temperatura de medición.

2. Estructura de un instrumento de medición por infrarrojos

2.1 Disposición de medición / Sistema de medición



Corte transversal de un termómetro testo 104

La radiación se enfoca con la ayuda de una lente (en este caso, una lente de Fresnel) y se aplica al sensor. Éste convierte la radiación en una tensión eléctrica que es amplificada y transmitida al microprocesador. El procesador calcula la temperatura del objeto medido a partir de la radiación

registrada y la radiación ambiente (=temperatura del instrumento) teniendo en cuenta la emisividad.

Como se trata fundamentalmente de un sistema de medición óptico, la lente siempre debe mantenerse limpia y libre de polvo.

2.2 ¿Qué parámetros entran en el resultado de la medición?

- a) Objeto de medición
 - Temperatura del objeto a medir
 - Emisividad del objeto a medir
- b) Radiación ambiente
 - Temperatura característica del módulo óptico

El instrumento de medición determina las siguientes magnitudes:

SO = Señal del objeto a medir

SA = Señal del ambiente (normalmente se iguala con la temperatura del instrumento)

De aquí, para la emisividad conocida ε se calcula la señal eficaz SE:

$$SE = \frac{SO - SA}{\epsilon} + SA$$

La temperatura del objeto a medir es función de la señal eficaz SE así determinada:

T objeto a medir = f (SE)

El instrumento de medición calcula la temperatura del objeto a medir a partir de la radiación eficaz SE.

3. Emisividad

3.1 Emisividades típicas

Alimentos

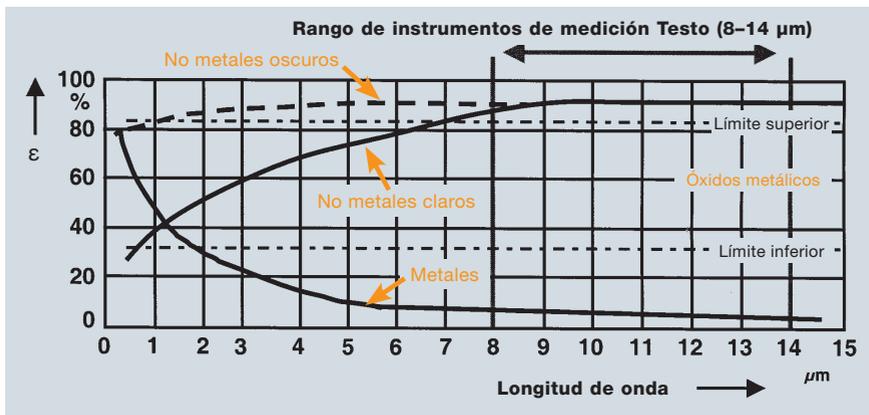
Los alimentos, como todos los materiales orgánicos, presentan buenas características de emisividad y la medición por medios infrarrojos se realiza, relativamente, sin problemas.

-> La mayoría de las sustancias orgánicas (por ej. alimentos) tienen una emisividad de aprox. 0.95. Por eso, este valor se introduce en muchos dispositivos en forma fija para evitar errores de medición debido a emisividades mal ajustadas (inadvertidamente).

Metales brillantes

presentan muy baja emisividad en el rango de 8 a 14 μm y son, por ello, difíciles de medir.

-> Aplique recubrimientos para aumentar la emisividad tales como pintura, aceite o cinta adhesiva para superficies reflectantes (p. ej. N° de pedido testo 0554 0051) sobre el objeto a medir o mida con termómetro de contacto.



Emisividad de diversos materiales en función de la longitud de onda (representación esquemática)

Óxidos metálicos

no presentan un comportamiento uniforme. Las emisividades varían entre 0.3 y 0.9 y, en general, dependen mucho de la longitud de onda.

-> Determine la emisividad mediante medición de referencia usando un termómetro de contacto, o aplique un recubrimiento con emisividad definida.

No metales brillantes / no metales oscuros / plásticos

como papel blanco, cerámica, enlucidos, madera, goma, madera oscura, piedra, pinturas y recubrimientos oscuros, etc., tienen una emisividad de aproximadamente 0.8 a longitudes de onda superiores a 8 μm .

Influencia de los colores sobre el resultado de la medición

Según esto, los no metales claros y oscuros apenas difieren en sus características de emisión a longitudes de onda más largas. Por ejemplo, es irrelevante si las pinturas y recubrimientos son de color negro, azul, rojo, verdes o incluso blanco. Un radiador pintado de blanco a una temperatura de +40 °C a +70 °C irradia tan eficazmente como uno pintado de negro, ya que su radiación por temperatura se produce,

predominantemente, a longitudes de onda largas de $> 6 \mu\text{m}$, en otras palabras, más allá del rango visible.

3.2 Incidencia sobre el resultado de medición en los ejemplos

Ejemplo 1:

- Objeto a medir (pizza congelada, $T = -22 \text{ °C}$)
- Emisividad = 0.92
- Medición infrarroja a temperatura ambiente de +22 °C
- Emisividad preseleccionada a 0.95
- Lectura del instrumento de medición por infrarrojos: -21 °C

Es decir que el instrumento indica un error de aprox. 1 °C.

-> despreciable

Ejemplo 2:

- Objeto a medir (chapa de latón oxidado, $T = +200 \text{ °C}$)
- Emisividad = 0.62
- Medición infrarroja a temperatura ambiente de +22 °C
- Emisividad ajustada 0.70
- Lectura del instrumento de medición por infrarrojos: +188 °C

Es decir que el instrumento indica un error de aprox. 12 °C.

-> no despreciable

Conclusión:

Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del objeto medido y la temperatura ambiente, y cuanto menor es la emisividad, ¡mayores son los errores si la emisividad está ajustada incorrectamente!

A temperaturas superiores a la temperatura ambiente

- Ajustes de emisividad demasiado altos dan lugar a lecturas de temperatura demasiado bajas.
- Ajustes de emisividad demasiado bajos dan lugar a lecturas de temperatura demasiado altas.

A temperaturas inferiores a la temperatura ambiente

- Ajustes de emisividad demasiado altos dan lugar a lecturas de temperatura demasiado altas.
- Ajustes de emisividad demasiado bajos dan lugar a lecturas de temperatura demasiado bajas.

4. Aplicaciones y consejos prácticos

4.1 Fuentes de error/Causas/ Compensación en instrumentos de medición por infrarrojos

Influencia de los medios interpuestos (magnitudes perturbadoras) sobre el resultado de la medición

En la medición de temperatura sin contacto, la composición del camino de transmisión entre el instrumento y el objeto medido, así como el material y factores específicos de la superficie pueden influir en el resultado de la medición. Son magnitudes perturbadoras por ejemplo:

- Partículas de polvo y suciedad
- Humedad (lluvia), vapor, gases

Véase también “Ventanas atmosféricas” (Capítulo 1.3).



Los ajustes de emisividad incorrectos pueden dar lugar a errores considerables (véase 4.2).

Después de un cambio de temperatura, el instrumento de medición aún no se habrá adaptado a la nueva temperatura

- Tiempos de inicialización, véase el manual de instrucciones. Esto produce errores considerables.

- > ¡Almacene el instrumento de ser posible en el mismo lugar donde se realizarán las mediciones! De este modo se evitará el problema del tiempo de inicialización (pero: ¡Tenga en cuenta la temperatura de servicio del instrumento!).

La medición infrarroja es una medición puramente óptica:

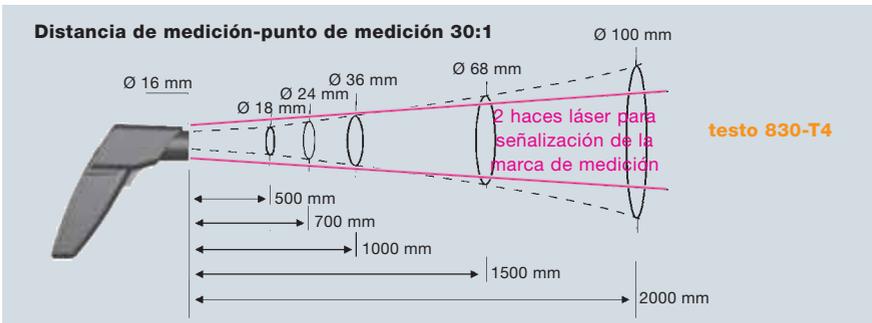
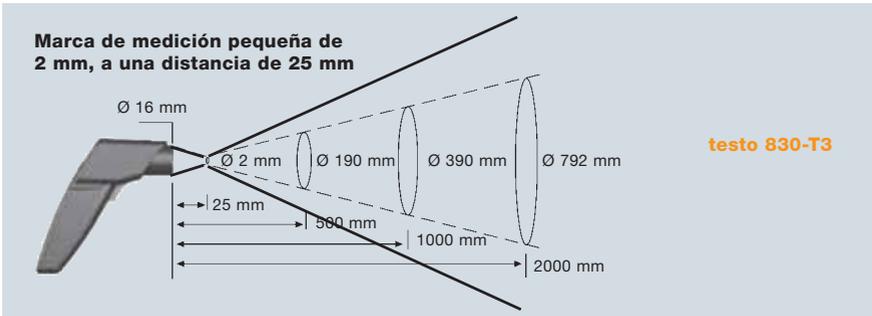
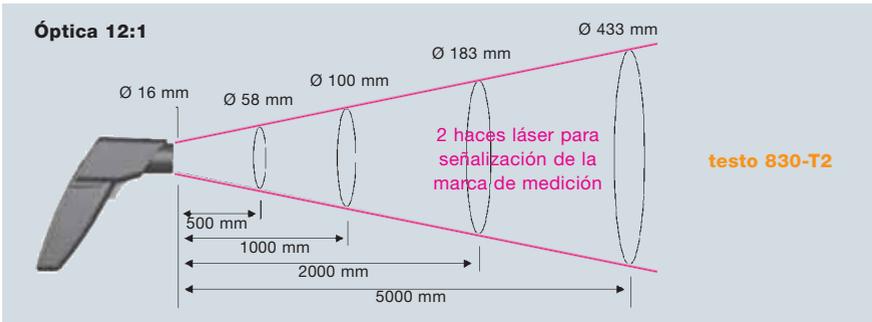
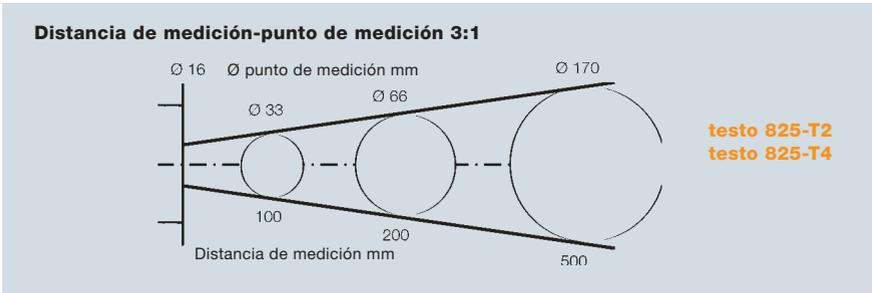
- > Una lente limpia es fundamental para obtener una lectura exacta.
- > No realice lecturas si la lente se ha empañado, por ej. con vapor de agua.

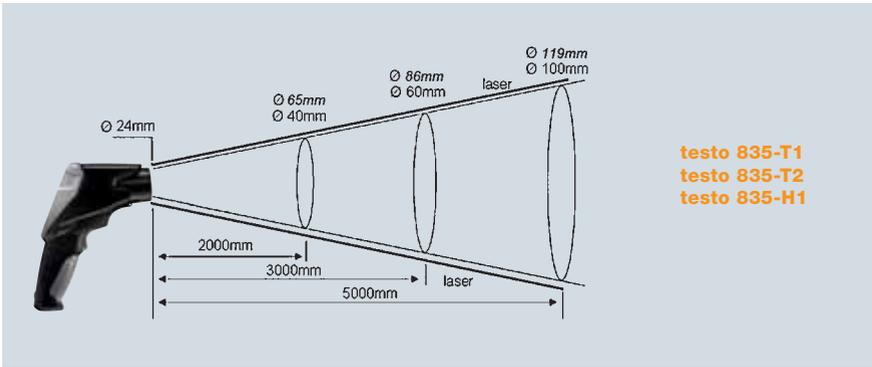
La medición infrarroja es una medición de superficie:

- > ¡Mantenga siempre limpias las superficies! Si hay suciedad, polvo, escarcha, etc. en la superficie, sólo se medirá en la capa superior, es decir, la capa de suciedad.
- > No mida en inclusiones de aire.

La distancia entre el instrumento de medición por infrarrojos y el objeto a medir es demasiado grande, es decir que el punto de medición es más grande que el objeto a medir.

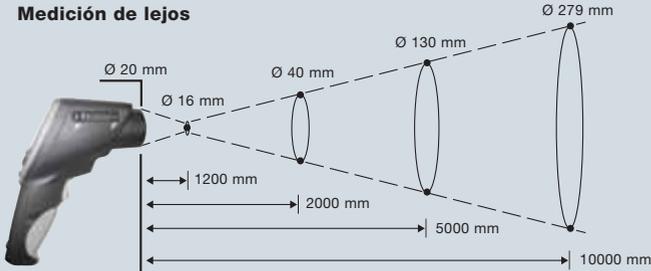
Para esto se aplican los siguientes diagramas de punto de medición que representan la relación distancia de medición-punto de medición.





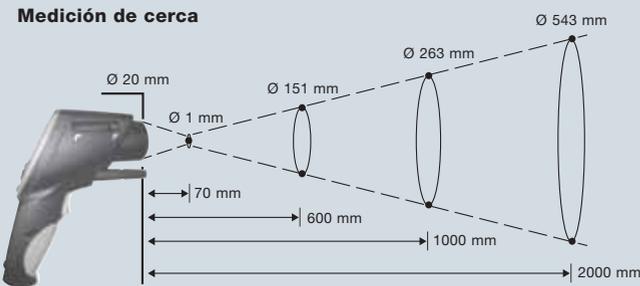
testo 835-T1
testo 835-T2
testo 835-H1

Medición de lejos



testo 845

Medición de cerca



Información importante sobre el tamaño del punto de medición:

Los diagramas de punto de medición mostrados en la documentación del instrumento indican normalmente lo que se conoce como punto de medición 90 %, en otras palabras, el 90 % de la energía convertida en el sensor proviene de esa zona.

Debido a la falta de definición en la ilustración, la zona que afecta al resultado de la medición (aunque sea pequeña) es, sin embargo, más grande.

Por ello, se debe tener en cuenta que el objeto a medir siempre es más grande que el punto de medición indicado en la documentación, para impedir que la zona marginal tenga un efecto no deseado.

Cuanto mayores sean las diferencias de temperatura entre el objeto a medir y el fondo, mayor será el efecto sobre el resultado de la medición.

4.2 Solución de diferentes tareas de medición

Tareas de medición fáciles de resolver:

Todas las partes y superficies no metálicas, sustancias orgánicas tales como pinturas y recubrimientos, papel, plástico y goma, madera, materiales sintéticos, alimentos, vidrio, tejidos, minerales, piedras, etc. No es necesario tomar medidas especiales para estos grupos. La emisividad es suficientemente alta, normalmente alrededor de 0.95, y no cambia en todo el rango de temperaturas.

Tareas de medición que pueden resolverse de forma condicionada:

Superficies metálicas con acabado mate y láminas transparentes. En estos casos se debe decidir caso por caso si se puede y cómo abordar el problema de medición.

> Determine la emisividad mediante medición de referencia usando un termómetro de contacto, o también aplique recubrimientos con emisividad definida.

Tareas de medición difíciles de resolver:

Superficies brillantes y reflectantes de metales, estructuras de superficie cambiante p. ej. por tener cascarillas.

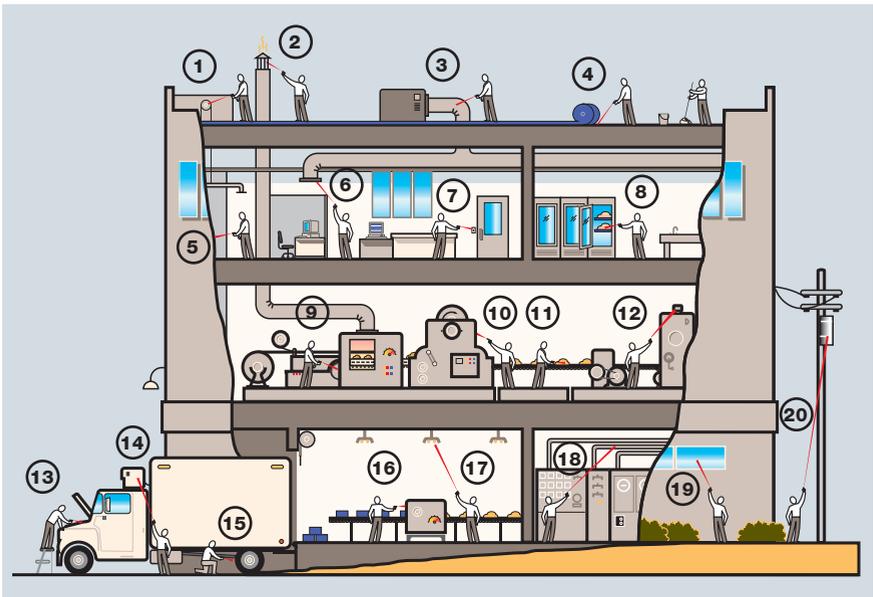
Las aplicaciones para este grupo son bastante difíciles de resolver y deben cumplirse determinadas condiciones. La emisividad solamente se conoce para un ancho de banda determinado. Los valores son bajos y fluctúan a lo largo del rango de temperaturas.

-> Si en este caso no puede realizarse una medición con termómetros de contacto, se deben aplicar al objeto a medir recubrimientos tales como pintura, aceite o cinta adhesiva para superficies reflectantes con emisividad definida para permitir la medición sin contacto.

Nota sobre la cinta adhesiva de emisividad:

Es importante que la cinta adhesiva pueda registrar bien la temperatura del objeto de medición. Esto está garantizado en los cuerpos con buena capacidad calorífica (gran masa) y buena conducción térmica (cuerpos de metal).

Ejemplos de medición sin contacto



1 Medición en sistemas de tuberías de PVC

- Temperatura aprox. +25 °C
 - Emisividad del plástico 0.84.
- Ideal para la tecnología de medición por infrarrojos.

2 Medición en sombrero de hojalata

- Temperatura aprox. +38 °C
 - Emisividad de la hojalata 0.05
- Aplique recubrimiento para aumentar la emisividad, por ej. pintura o cinta adhesiva para superficies reflectantes, de lo contrario mida con termómetro de contacto.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia y termómetro de contacto integrado (por ej. testo 845 o testo 835).

3 Medición en tubo de ventilación galvanizado

- Temperatura aprox. +24 °C
 - Emisividad del zinc 0.23
- Aplique pintura o cinta adhesiva para superficies reflectantes o realice medición de referencia con termómetro de contacto.

4 Medición en membrana asfáltica

- Temperatura aprox. +24 °C
 - Emisividad del asfalto 0.93
- Puede medirse sin problemas.

5 Medición en pared de ladrillo

- Temperatura aprox. +21 °C
 - Emisividad del ladrillo (rojo) 0.93
- Puede medirse sin problemas.

6 Medición en salida de ventilación del techo (pintada)

- Temperatura aprox. +24 °C
 - Emisividad del zinc (pintado) 0.96
- Puede medirse sin problemas.
- Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia y termómetro de contacto integrado (por ej. testo 845 o testo 835).

7 Medición en interruptor de iluminación

- Temperatura aprox. +20 °C
 - Emisividad 0.85
- Puede medirse sin problemas.

8 Medición en armario eléctrico (contactor)

- Temperatura aprox. +74 °C
- Emisividad del plástico 0.92

Precaución: ¡Mida sobre la superficie de plástico, no sobre el metal!

Consejo: usar testo 845 con medición cercana

9 Medición en casquillo de cojinete (pintado)

- Temperatura aprox. +68 °C
- Emisividad de la pintura negra 0.93

Puede medirse sin problemas.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia y termómetro de contacto integrado (por ej. testo 845 ó 835).

10 Medición en aleta de enfriamiento de un motor eléctrico

- Temperatura aprox. +50 °C
- Emisividad de la pintura verde 0.93

Puede medirse sin problemas.

11 Medición de producto alimenticio en cinta de enfriamiento

- Temperatura aprox. +8 °C
- Emisividad del alimento 0.95

Puede medirse sin problemas.

12 Medición en intercambiador de calor

- Temperatura aprox. +10 °C
- Emisividad del agua condensada 0.93

Nota: Puede medirse al humedecerlo la condensación; de lo contrario aplique un recubrimiento con alta emisividad.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia y termómetro de contacto integrado (por ej. testo 845 o testo 835).

13 Medición en bloque del motor

- Temperatura aprox. +100 °C
- Emisividad del aluminio (muy oxidado) 0.2

Aplique aceite o cinta adhesiva para superficies reflectantes, para que sea $\epsilon > 0.9$.

14 Medición en grupo frigorífico

- Temperatura aprox. +36 °C
- Emisividad de la chapa pintada 0.92

Puede medirse sin problemas.

Consejo: utilizar punto de medición pequeño, testo 845.

15 Medición en neumático

- Temperatura aprox. +40 °C
- Emisividad del caucho blando 0.86

Puede medirse sin problemas.

16 Medición en salida de horno

- Temperatura aprox. +70 °C
- Emisividad de la arcilla (cocida) 0.91

Puede medirse sin problemas.

17 Medición en tubo fluorescente

- Temperatura +42 °C
- Emisividad del vidrio (liso) 0.92–0.94

Puede medirse sin problemas.

18 Medición en tubos pintados

- Temperatura aprox. +10 °C
- Emisividad de la pintura azul 0.94

Puede medirse sin problemas.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño.

19 Medición en tubo de ventilación galvanizado

- Temperatura aprox. 38 °C
- Emisividad del zinc 0.23

Aplique pintura o cinta adhesiva para superficies reflectantes o realice una medición de referencia con termómetro de contacto.

Consejo: utilizar instrumento de medición combinado.

20 Medición en transformador (pintado)

- Temperatura aprox. +70 °C
- Emisividad de la pintura del transf. 0.94

Puede medirse sin problemas.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia.

Ejemplos de aplicación

Aplicaciones industriales



Localice temperaturas excesivas en armarios de distribución, medición en circuitos eléctricos, como por ej. resistencias, transistores en circuitos impresos, etc.

Tener especialmente en cuenta:

- Punto de medición/distancia de medición
- No medir en superficies pulidas (éstas reflejan la temperatura ambiente), sino en plástico con ajuste ϵ igual a 0.95.

Consejo: utilizar un instrumento de medición con punto de medición pequeño (por ej. testo 845, testo 830-T3).



Medición de temperatura en grupos frigoríficos

Tener especialmente en cuenta:

- Punto de medición/distancia de medición
- Medición sobre superficie con alta emisividad (por ej. superficie pintada)

Consejo: utilizar un medidor que para una gran distancia tenga un punto de medición pequeño y permita la medición de referencia con un termómetro de contacto (por ej. kit testo 845 o testo 835).





Control y registro de valores de temperatura en generadores y accionamientos, grupos diésel, múltiples de escape.

Tener especialmente en cuenta:

- Punto de medición/distancia de medición
- Medir sobre superficie con alta emisividad o humedecer la superficie por ej. con aceite

Consejo: utilizar un medidor que para una gran distancia tenga un punto de medición pequeño y permita la medición de referencia con un termómetro de contacto (testo 845 y testo 835).



Control de temperatura en los cables de salida de un generador de electricidad.



Control de temperatura en vehículos ferroviarios, por ej. “Detección de cajas calientes” en vagones de ferrocarril por medición de temperaturas en tapas del eje.

Consejo: utilizar un medidor que para una gran distancia tenga un punto de medición pequeño



Sistemas de calefacción, ventilación y refrigeración



Control de temperatura en canales de ventilación.

Tener especialmente en cuenta:

- No se mide el aire, sino la temperatura de la rejilla.
- No medir sobre metales desnudos.
- No medir demasiado cerca.



Control de gradientes térmicos o búsqueda de puntos críticos en edificios.

Tener especialmente en cuenta:

- Medición de materiales como empapelados, madera, revoque, marcos de ventanas pintados y vidrio. Fáciles de medir debido a su alta emisividad entre 0.9 y 0.95.
- Medir los marcos de metal desnudo, ya sea con un termómetro de contacto o aplicar un recubrimiento que aumente la emisividad.



Control del aislamiento térmico en edificios.

Tener especialmente en cuenta:

- No medir sobre metales desnudos.
- Tener en cuenta las diferentes emisividades.

Aplicaciones generales



Medición rápida de la temperatura en obras viales.

Tener especialmente en cuenta:

- Temperaturas de servicio admisibles del instrumento
- Punto de medición/distancia de medición
- El instrumento debe adaptarse a la temperatura ambiente.
- Medir solamente materiales con alta emisividad, dado que hay “radiación celestial fría” con -50 a -60 °C como magnitud perturbadora. Eventual exclusión de la influencia del cielo, por ej. con un paraguas sobre el punto de medición.

Consejo: utilizar instrumento con punto de medición pequeño a gran distancia.



Para el control de alimentos

Tener especialmente en cuenta:

- La medición sin contacto sólo determina la temperatura superficial.

-> ¡En caso de valores críticos utilizar siempre el termómetro de contacto para realizar una segunda medición!

- Observar punto de medición/ distancia de medición
- El instrumento debe adaptarse a la temperatura ambiente.
- La distancia ideal entre el medidor y los productos/ envases refrigerados es de 1 a 2 cm. En los casos de embalajes de cartón, abrir la caja para poder medir directamente en el envase.
- En los alimentos empaquetados en plástico se mide por tanto solo la temperatura del plástico. Por esta razón, sólo medir en puntos en los que la lámina de plástico esté en contacto directo con la mercancía
- No mida en inclusiones de aire.

Consejo: utilizar un instrumento combinado (por ej. testo 104 IR)

Otras aplicaciones en puntos clave

- Supervisión de temperatura en procesos de termofijado, secado y laminado.
- Medición de temperatura en neumáticos en rotación bajo carga, para detectar defectos de material causados por calentamiento irregular.
- Medición de temperatura en procesos de secado y conformado en la industria del plástico.
- Detección de fugas en tuberías de calefacción a distancia midiendo el aumento de temperatura que se produce en la superficie del terreno.

4.3 Otros consejos prácticos

Medidores por infrarrojos

Los objetos naturales al aire libre tales como el agua, piedras, tierra, arena, plantas, madera, etc. poseen en el rango espectral 8 -14 μm emisividades entre 0.8 y 0.95. Si se van a medir al aire libre, para pequeñas emisividades deberá tenerse en cuenta eventualmente la “radiación celestial fría”. De ser posible esta “radiación ambiente” debería estar cerca de la temperatura del aire. Esto se logra aislando la radiación perturbadora, por ej. con una caja de cartón o paraguas sobre el punto de medición.

> Puede medirse con instrumentos de medición por infrarrojos Testo

Vidrio y cuarzo

en el rango de longitud de onda por encima de 8 μm poseen altas emisividades de aprox. 0.90. Para los infrarrojos no es translúcido, es decir que se mide la temperatura del cristal.

> Puede medirse con instrumentos de medición por infrarrojos Testo

Plásticos

se miden en los procesos de secado y conformado, extrusión, calandrado, termoconformado, etc. en un rango de temperatura de +20 °C a +300 °C. La emisividad de casi todos los plásticos está entre 0.8 y 0.95 y por lo tanto debe medirse sin problemas.

-> Puede medirse con instrumentos de medición por infrarrojos Testo

Láminas transparentes

a determinadas longitudes de onda poseen una banda de absorción característica, no obstante la emisividad depende del espesor de la lámina. Cuanto más delgada es la lámina, menor es la emisividad. Las láminas delgadas son a menudo translúcidas en la región infrarroja, tener en cuenta el fondo.

-> Puede medirse de forma condicionada con instrumentos de medición por infrarrojos Testo

Gases y llamas calientes

son “radiadores volumétricos con propiedades de emisión selectivas”. El punto de medición ya no es plano. El valor de la temperatura se promedia de un recorrido dentro de la llama.

Este valor también es con frecuencia influenciado por las paredes del horno situadas detrás de la llama o del gas.

Al igual que los materiales transparentes, las llamas y los gases emiten principalmente en determinados rangos espectrales, por ejemplo en el zona alrededor de 4.3 μm (banda CO_2).

-> Puede medirse con instrumentos especiales

-> No puede medirse con instrumentos de medición por infrarrojos Testo

Comprobación y calibración

Para la comprobación y calibración del display de pirómetros de radiación se necesita un cuerpo negro. Para la calibración, asegurarse de que el campo de medición respectivo del termómetro de radiación a comprobar sea menor que la abertura del cuerpo negro.

Para una emisividad ajustada en forma fija (por ej. 0.95) la indicación deberá convertirse a $\epsilon = 1$.

Emisividad

¡Incluso con una emisividad correctamente ajustada pueden producirse errores de medición!

Para una emisividad menor que 1 el valor de medición se calcula aproximadamente en base a: temperatura del instrumento = temperatura ambiente.

– Si la temperatura del instrumento no es igual a la temperatura ambiente, entonces la corrección de emisividad del instrumento será errónea. Esto significa que: Si la temperatura del instrumento es menor, entonces el resultado de la medición será excesivo; si la temperatura del instrumento es mayor, el resultado de la medición será muy bajo.

– Si diferentes radiadores térmicos o frigoríficos (por ej. calefactores, lámparas, grupos frigoríficos, etc.) se reflejan sobre la superficie del objeto a medir, entonces esta radiación no corresponde a temperatura ambiente = temperatura del instrumento. Por lo tanto, también en este caso la corrección de emisividad realizada por el instrumento será errónea.

Solución: cubrir dichos radiadores por ej. con una caja de cartón. Ésta absorberá estos rayos interferentes y emitirá su propia radiación = temperatura ambiente.

4.4 Comparación del termómetro por infrarrojos y la cámara termográfica

Particularmente en las mediciones puntuales de temperatura en objetos de gran tamaño, la tecnología de medición por infrarrojos con termómetro IR (pirómetro) también ha ganado aceptación como sencillo instrumento de medición sin contacto debido a su precio relativamente bajo. Para las tareas de medición descritas aquí, estos dispositivos también son absolutamente adecuados.

A diferencia de esto, la cámara termográfica testo 870 posee por ej. 19.200 valores individuales de temperatura con los cuales se construye una imagen infrarroja. En la práctica, se consiguen las siguientes ventajas:

- Detección de temperaturas críticas incluso en objetos muy pequeños, como un cable caliente.
- Grandes superficies u objetos de medición (por ej. pisos, edificios, armarios eléctricos, etc.) se visualizan en una imagen. La “exploración” de una superficie a lo largo del tiempo es imposible con un termómetro infrarrojo.

- Documentación del resultado de la medición como imagen infrarroja e imagen real con solo pulsar un botón

Estas características pueden, por ejemplo, ser decisivas en el mantenimiento industrial, donde las piezas defectuosas en las máquinas, como por ej. un motor de sobrecalentador, deben detectarse rápidamente para ser reemplazados lo más pronto posible y así evitar tiempos de inactividad. La mayoría de las cámaras termográficas actuales tienen también una cámara digital. De modo que se registra tanto una imagen térmica como una imagen visual del objeto de medición. Esto permite una mejor orientación para el análisis. Consejo: Básicamente puede decirse que si se conoce el lugar que debe medirse, es decir que se sabe dónde medir, y éste no depende de la temperatura ambiente, lo que se necesita es un pirómetro de un solo punto. Para medir, por ejemplo, la fruta o la temperatura en la vitrina frigorífica, no es imprescindible utilizar una cámara termográfica. Sin embargo, si fuera necesario buscar los puntos de peligro sin ningún conocimiento previo, una cámara termográfica puede aportar beneficios significativos.

4.5 Resumen: Medición sin contacto o medición por contacto – Recomendación de Testo

La medición de temperatura por infrarrojos sin contacto es...

...ideal para medir temperaturas superficiales de:

a) Malos conductores del calor como cerámica, plástico, caucho, madera, papel, empapelados, revoque, tejidos, sustancias orgánicas, alimentos.

El instrumento mide sin provocar reacciones, es decir sin influir en el objeto medido. La radiación infrarroja del objeto a medir siempre tiene la misma velocidad, sin importar la conducción térmica.

b) Materiales con alta emisividad, por ejemplo recubrimientos, pinturas, vidrio, minerales, baldosas, piedras, alquitrán y todos los materiales no metálicos. En este caso por lo general es correcto un ajuste de emisividad de 0.95. Los errores por radiación secundaria reflejada en la superficie son entonces muy bajos.

c) Piezas que están en movimiento (a condición de que el material proporcionado tenga una alta

emisividad o pueda colocarse un material con una emisividad definida) por ejemplo bandas de papel en marcha, neumáticos en rotación, piezas de acero descascarilladas en una línea de montaje.

d) Piezas que no son accesibles como por ej. piezas recién pintadas, componentes estériles o medios agresivos, piezas bajo tensión, como componentes eléctricos, barras, transformadores.

e) Piezas pequeñas y de poca masa, por ej. componentes y todos los objetos de medición en los que una sonda de contacto extraería demasiado calor, ocasionando mediciones erróneas.

¡Siempre deberá procurarse que el punto de medición del instrumento sea menor que el objeto medido!

...sólo apta de forma condicionada para:

Óxidos metálicos, dado que por lo general poseen una emisividad que depende de la temperatura (entre 0.3 y 0.9).

En este caso se debe ya sea aplicar una sustancia con emisividad definida (p. ej. cinta adhesiva para superficies reflectantes testo N° de pedido 0554 0051, barniz o aceite) o determinar la emisividad por medición comparativa mediante un termómetro de contacto.

...no apta:

Para metales desnudos, sobre los que no puedan aplicarse recubrimientos que aumenten la emisividad como por ejemplo cinta adhesiva, barniz o aceite. En este caso es de esperar una alta tasa de error debido a la gran reflexión sobre la superficie del objeto medido.

Mediciones de control de temperatura por infrarrojos típicas en la industria:

- Generadores, accionamientos, grupos
- Casquillos de cojinetes
- Armarios de distribución
- Circuitos electrónicos
- Ajuste de puntos de conmutación bimetalicos
- Procesos de termofijado, secado y laminado
- Neumáticos en rotación
- Plásticos en procesos de secado y conformado.

Mediciones de control de temperatura por infrarrojos típicas en tecnología de edificios / climatización:

- Canales de ventilación
- Gradientes o aislamientos térmicos en edificios
- Localización de puentes de frío y puntos débiles del aislamiento.

Aplicaciones típicas de infrarrojos en instalación de calefacciones:

Mediciones de superficies en:

- Radiadores y tuberías pintadas de calefacción
- Revestimientos para pisos, madera, corcho, baldosas, granito y en superficies de paredes rugosas para localizar los tubos de calefacción.

Aplicaciones típicas de infrarrojos en control de alimentos:

- Prueba rápida en la recepción de mercancías o en el congelador.

La medición de temperatura por contacto es...

...ideal para:

- a) Medición de superficies lisas con buena conducción térmica, como por ej. todos los metales. En este caso, la medición por contacto es normalmente más precisa que la medición por infrarrojos.

b) Determinación de temperaturas interiores en líquidos y alimentos.

...apta de forma condicionada para:

a) Mediciones en malos conductores del calor (ejemplos, véase la medición por infrarrojos)
Una sonda de medición por contacto sólo puede indicar la temperatura correcta, si puede tomar la temperatura del cuerpo que debe medir. En malos conductores del calor se producen mediciones erróneas o tiempos de respuesta muy largos hasta que la sonda puede registrar bien la temperatura del objeto de medición.

b) En piezas pequeñas, de poca masa. En este caso la sonda de contacto extrae calor del objeto de medición, lo cual influye en el resultado de la medición.

...no apta para:

- Piezas no accesibles (véase arriba)
- Piezas en movimiento.

Aplicaciones de medición por contacto típicas en la industria:

- Moldes para procesos de conformado
- Accionamientos, reductores, cojinetes
- Todas las superficies metálicas y para medición de referencia con la medición infrarroja, a fin de poder determinar la emisividad de la superficie.

Aplicaciones de medición por contacto típicas en la tecnología de climatización de edificios:

- Canales de ventilación
- Superficies de paredes.

Aplicaciones de medición por contacto típicas en instalación de calefacciones:

- Medición de temperatura de alimentación/retorno en tuberías de cobre desnudo
- Inspección de radiadores
- Localización de tubos de calefacción en piso y pared

Aplicaciones de medición por contacto típicas en control de alimentos:

- Medición de la temperatura interior para temperaturas críticas del producto

Conclusión

Testo no recomienda la medición por contacto o sin contacto por separado, sino más bien el uso de un termómetro por infrarrojos que mide sin contacto y un termómetro de contacto en un mismo dispositivo compacto. Con esta combinación pueden resolverse casi todas las tareas de medición de forma rápida y precisa.

Idealmente en aplicaciones industriales, de climatización y calefacción, la emisividad en la parte infrarroja es ajustable.

Para el control de alimentos por lo general es suficiente con ajustar un valor fijo de 0.95.

Para las mediciones de superficie, la parte de contacto debe tener integrado un cabezal de medición flexible de respuesta rápida, que permita una medición fiable y precisa incluso en superficies curvas de metal. Así se puede medir con exactitud en superficies cuya emisividad se desconoce y aprovechar las ventajas de la medición sin contacto.

En mediciones de penetración o inmersión para determinar la temperatura interior, en la parte de contacto la punta de medición debe ser lo más fina posible, a fin de determinar el valor de medición de forma rápida y fiable aún con pequeñas profundidades de penetración.

Anexo: Tablas de emisividades

Las siguientes tablas sirven como referencia para ajustar la emisividad en la medición de temperatura por infrarrojos. Se indica la emisividad ϵ de algunos metales y no metales de uso corriente. Dado que la emisividad varía con la temperatura y sobre todo con el estado de la superficie, los

valores indicados aquí sólo deben ser considerados como una pauta para la medición de condiciones o diferencias de temperatura. Para medir el valor de temperatura absoluto, se deberá determinar la emisividad exacta del material.

Tabla de emisividades de materiales importantes

Material	Temperatura	ϵ
Aluminio laminado sin tratamiento	170 °C	0.04
Asbesto	20 °C	0.96
Asfalto	20 °C	0.93
Algodón	20 °C	0.77
Hormigón	25 °C	0.93
Plomo gris oxidado	20 °C	0.28
Plomo muy oxidado	20 °C	0.63
Lámina asfáltica	20 °C	0.93
Hielo, liso	0 °C	0.97
Hielo, capa de escarcha rugosa	0 °C	0.99
Hierro esmerilado	20 °C	0.24
Hierro desnudo corroído	150 °C	0.13
Hierro con costra de fundición	100 °C	0.80
Hierro con costra de laminación	20 °C	0.77
Hierro con óxido rojo	20 °C	0.61
Hierro muy oxidado	20 °C	0.85
Tierra, campo arado	20 °C	0.38
Tierra, barro negro	20 °C	0.66
Baldosas	25 °C	0.93
Yeso	20 °C	0.90
Cristal	90 °C	0.94
Oro pulido	130 °C	0.02
Goma dura	23 °C	0.94
Caucho blando, gris	23 °C	0.86
Madera	70 °C	0.94
Guijarros	90 °C	0.95
Corcho	20 °C	0.70
Esmeril de corindón (rugosa)	80 °C	0.86
Cuerpo refrigerante anodizado negro	50 °C	0.98
Cobre ligeramente deslustrado	20 °C	0.04
Cobre oxidado	130 °C	0.76
Cobre pulido	20 °C	0.03
Cobre negro oxidado	20 °C	0.78
Plásticos (PE,PP, PVC)	20 °C	0.94
Hojarasca	20 °C	0.84
Mármol blanco	20 °C	0.95
Capa de minio de plomo	100 °C	0.93
Latón oxidado	200 °C	0.61
Verde OTAN	50 °C	0.85
Papel	20 °C	0.97
Porcelana	20 °C	0.92
Pizarra	25 °C	0.95
Pintura negra (mate)	80 °C	0.97
Seda	20 °C	0.78
Plata	20 °C	0.02
Acero (superficie tratada térmicamente)	200 °C	0.52
Acero oxidado	200 °C	0.79
Arcilla cocida	70 °C	0.91
Pintura de transformadores	70 °C	0.94
Agua	38 °C	0.67
Ladrillo, mortero, revoque	20 °C	0.93
Blanco de zinc (pintura)	20 °C	0.95

Tabla de emisividades, valores típicos de metales

Material	Tipo/Estado/Elemento	Temperatura (°C)	ε
Aluminio	no oxidado	25	0.02
	no oxidado	100	0.03
	no oxidado	500	0.06
	oxidado	200	0.11
	oxidado	600	0.19
	muy oxidado	93	0.20
	muy oxidado	500	0.31
	muy pulido	100	0.09
	pulido	100	0.18
Plomo	pulido	38 - 260	0.060 - 08
	rugoso	40	0.43
	oxidado	40	0.43
	gris oxidado	40	0.28
Cromo	Cromo	40	0.08
	Cromo	540	0.26
	Cromo pulido	150	0.06
Hierro	oxidado	100	0.74
	oxidado	500	0.84
	no oxidado	100	0.05
	Película de herrumbre	25	0.70
	oxidado	25	0.65
Oro	película	100	0.37
	pulido	38 - 260	0.02
Hierro de fundición	oxidado	200	0.64
	oxidado	600	0.78
	no oxidado	100	0.21
	muy oxidado	40 - 250	0.95
Plancha de Inconel	Plancha de Inconel	540	0.28
	Plancha de Inconel	650	0.42
Cadmio	Cadmio	25	0.02
Cobalto	no oxidado	500	0.31
Cobre	Óxido de cobre	100	0.87
	Óxido de cobre	260	0.83
	Óxido de cobre	540	0.77
	negro, oxidado	40	0.78
	corroído	40	0.09
	pulido	40	0.03
	laminado	40	0.64
	sin tratar	40	0.74
	fundido	540	0.15
Aleaciones	Ni-20, Cr-24, Fe-55, oxidado	200	0.90
	Ni-60, Cr-12, Fe-28, oxidado	270	0.89
	Ni-80, Cr-20, oxidado	100	0.87
Magnesio	Magnesio	40 - 260	0.07 - 0.13
Latón	73 % Cu, 27 % Zn, pulido	250	0.03
	62 % Cu, 37 % Zn, pulido	260	0.03
	mateado	20	0.07
	bronceado	20	0.40
	oxidado	200	0.61
	no oxidado	25	0.04

Molibdeno	Molibdeno	40	0.06
	Molibdeno	250	0.08
	Molibdeno	540	0.11
Monel	Ni-Cu	200	0.41
	Monel	400	0.44
	Monel	600	0.46
	oxidado	20	0.43
Níquel pulido		40	0.05
	oxidado	40 - 260	0.31 - 0.46
	no oxidado	25	0.05
	no oxidado	100	0.06
	no oxidado	500	0.12
	galvánicamente precipitado	40	0.04
Platino	Platino	40 - 260	0.05
	Platino	540	0.10
	negro	40	0.93
	negro	260	0.96
	oxidado a 600 °C	260	0.07
	oxidado a 600 °C	540	0.11
Mercurio	Mercurio	0	0.09
	Mercurio	25	0.10
	Mercurio	100	0.12
Plata	pulida	40	0.01
	pulida	260	0.02
	pulida	540	0.03
Hierro forjado	opaco	25	0.94
	opaco	350	0.94
	liso	40	0.35
	pulido	40	0.28
Acero	laminado en frío	93	0.75 - 0.85
	plancha pulida	40	0.07
	plancha pulida	260	0.00
	plancha pulida	540	0.14
	blando, acero al carbono, pulido	25	0.10
	blando, acero al carbono, pulido	25	0.12
	no oxidado	100	0.08
	oxidado	25	0.80
	oxidado	25	0.80
Aleación de acero	tipo 301, pulida	25	0.27
	tipo 316, pulida	25	0.28
	tipo 321, pulida	150 - 815	0.18 - 0.49
Estelita	pulida	20	0.18
Tantalio	no oxidado	727	0.14
Bismuto	claro	80	0.34
	no oxidado	25	0.05
	no oxidado	100	0.06
Zinc	grado comercial (99.1 %)	260	0.05
	galvanizado	40	0.28
	pulido	260 - 540	0.11
	pulido	38	0.02
	pulido	260	0.03
	pulido	540	0.04
Zinc	no oxidado	25	0.04
	no oxidado	100	0.05

Tabla de emisividades, valores típicos de no metales

Material	Tipo/Estado/Elemento	Temperatura (°C)	ϵ
Pinturas de aluminio		Pinturas de aluminio	400.27 - 0.67
	10 % Al	40	0.52
	26 % Al	40	0.30
Asbesto	Asfalto, pavimento	20	0.93
	Asfalto, cartón alquitranado	20	0.72
	Tejido de	93	0.90
	Cartón de	38 - 370	0.93
	Placas de	40	0.96
	Cemento de	0 a 200	0.96
Basalto	Basalto	20	0.72
Tejidos de algodón	Tejidos de algodón	20	0.77
Minio de plomo	Minio de plomo	100	0.93
Tinta bronce	Tinta bronce	baja	0.34 - 0.80
Hielo	liso	0	0.97
	rugoso	0	0.98
Tierra	en general	40	0.38
	suelo arcilloso oscuro	20	0.66
	campo arado	20	0.38
Pinturas	azul, Cu 203	25	0.94
	negro, CuO	25	0.96
	verde, Cu 203	25	0.92
	rojo, Fe 203	25	0.91
	blanco, Al 203	25	0.94
Yeso	Yeso	20	0.80 - 0.90
Cristal	Vidrio plano	0 - 90	0.92 - 0.94
	Convexo D	100	0.80
	Convexo D	500	0.76
	Nonex	100	0.82
Granito	Granito	20	0.45
Caucho	Goma dura	25	0.94
	blanda, gris	25	0.86
Madera	Madera	baja	0.80 - 0.90
	Haya, cepillada	70	0.94
	Roble, cepillado	40	0.91
	Abeto, pulido	40	0.89
Mortero de cal	Mortero de cal	40 - 260	0.90 - 0.92
Ladrillo silicocalcáreo	Ladrillo silicocalcáreo	40	0.95
Cerámica	Porcelana	20	0.92
	Loza, vitrificada	20	0.90
	Loza, mate	20	0.93
Gravilla	Gravilla	40	0.28
Carbono	Negro de llama	25	0.95
	no oxidado	25	0.81
	no oxidado	100	0.81
	no oxidado	500	0.79
	Negro de vela	120	0.95
	Fibras	260	0.95
	grafitadas	100	0.76
grafitadas	300	0.75	
grafitadas	500	0.71	

Pintura	azul sobre lámina de aluminio	40	0.78
	amarilla, 2 capas sobre lámina de aluminio	40	0.79
	clara, 2 capas sobre lámina de aluminio	90	0.09
	clara, sobre cobre brillante	90	0.65
	clara, sobre cobre deslustrado	90	0.64
	roja, 2 capas sobre lámina de aluminio	40	0.74
	negra, CuO	90	0.96
	blanca	90	0.95
	blanca, 2 capas sobre lámina de aluminio	40	0.88
Barro	Barro	20	0.39
	cocido	70	0.91
	Pizarra	20	0.69
Mármol	blanco	40	0.95
	liso, blanco	40	0.56
	pulido, gris	40	0.75
Mampostería	Mampostería	40	0.93
Óleo de níquel	espesor 0.02 mm	22	0.27
	espesor 0.05 mm	22	0.46
	espesor 0.10 mm	22	0.72
Pinturas al óleo	cualquier color	90	0.92 - 0.96
	verde grisáceo	20	0.95
	gris, Cu 203	90	0.95
	rojo	90	0.95
	negro, CuO	90	0.92
	negro, brillante	20	0.90
	camuflaje, verde	50	0.85
	blanco	90	0.94
Cristal de cuarzo	1.98 mm	280	0.90
	6.88 mm	280	0.93
	Cristal opaco	300	0.92
Hollín	Acetileno	25	0.97
	Alcanfor	25	0.94
	Negro de lámpara	95	0.96
	Negro de vela	120	0.95
	Carbón	20	0.95
Arena	Arena	20	0.76
Piedra arenisca	Piedra arenisca	40	0.67
Serrín	Serrín	20	0.75
Pizarra	Pizarra	20	0.69
Nieve	fina	-7	0.82
	copos gruesos	-8	0.89
Esmeril	Esmeril	80	0.86
Seda	Seda	20	0.78
Carburo de silicio	Carburo de silicio	150 - 650	0.83 - 0.96
Agua	Agua	40	0.67
Vaso para agua	Vaso para agua	20	0.96
Pegamento de celulosa	2 capas	20	0.34
Teja	secada al aire	20	0.90
	roja, rugosa	20	0.93



Instrumentos Testo, S.A.
Zona Industrial, C/ B, nº 2
08348 Cabrils (Barcelona)
Tel: 937 539 520
Fax: 937 539 526
E-Mail: info@testo.es

Siganos en:



www.testo.es