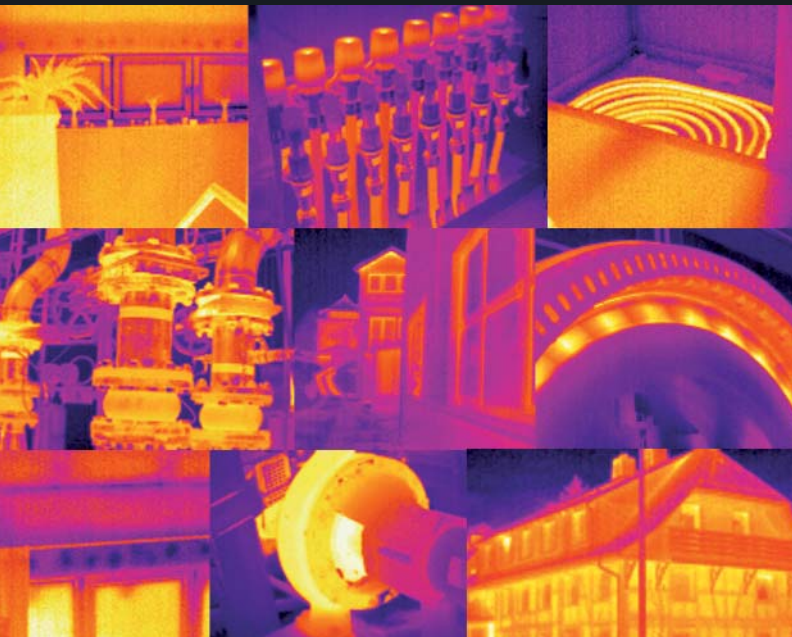


Termografía, guía de bolsillo



Teoría – Aplicación Práctica – Consejos y Trucos



Copyrights, garantía y responsabilidades

La información recogida en esta guía de bolsillo esta protegida por copyright. Todos los derechos pertenecen exclusivamente a Testo AG. Tanto el contenido como las ilustraciones no pueden ser comercialmente reproducidas, modificadas o utilizadas para otro propósito que el aquí expresado sin el consentimiento previo de Testo AG.

La información de esta Guía Práctica se ha recopilado con el máximo rigor. No obstante, la información proporcionada no es vinculante. Testo AG se reserva el derecho de efectuar modificaciones o ampliaciones. Por tanto, Testo AG no garantiza la corrección y la integridad de dicha información. La responsabilidad, sin importar del fuero del que provenga, está limitada a los daños causados por Testo AG o sus subsidiarias, representantes y agentes por cualquier intento, negligencia o, en el caso de incumplimiento de cualquier obligación contractual, negligencia menor. En caso de negligencia menor, el alcance de la responsabilidad de Testo AG queda limitada a los daños habituales y previsibles para otros casos de esta naturaleza, sin perjuicio de los derechos de compensación derivados de garantías o según la Ley de Derechos del Consumidor.

Testo AG, Septiembre 2008

Prólogo

Apreciado cliente,

“Una imagen vale más que mil palabras”

En estos tiempos en los que sufrimos un incremento elevado en los precios energéticos y en los que una parada en la producción supone un incremento significativo en los costes, la medición de temperatura sin contacto se ha asentado como un buen método tanto para la valoración de la eficacia en la construcción como en el sector del mantenimiento industrial. Sin embargo, la termografía en si misma no es tan sencilla, hay unas cuantas reglas básicas que se deben conocer cuando se mide la temperatura sin contacto.

Este práctico manual “Termografía, guía de bolsillo” se ha basado en las dudas surgidas durante el día a día de nuestros clientes. Sazonada con montones de información útil así como con consejos y trucos derivados de aplicaciones de medición prácticas. Esta guía de bolsillo se ha escrito para ofrecerle una ayuda práctica y útil como soporte a su trabajo diario.

Deseamos que disfrute de su lectura



Daniel Auer,

Mánager del Grupo de Productos para Medición por Infrarrojos

Indice

1. Teoría de la termografía	5
1.1 Emisión, reflexión, transmisión	6
1.2 Marca y distancia de medición	13
2. Termografía práctica	16
2.1 El objeto medido y su entorno	16
2.2 Determinación práctica de la ϵ y la RTC	25
2.3 Errores en la medición por infrarrojos	28
2.4 Condiciones óptimas para la medición por infrarrojos	34
2.5 La imagen térmica perfecta	35
3. Apéndice	38
3.1 Glosario de termografía	38
3.2 Tabla de emisividad	50
3.3 Testo recomienda...	52

1 Teoría de la termografía

Cualquier objeto cuya temperatura sea superior al cero absoluto (0 Kelvin = -273.15 °C) emite radiación infrarroja, invisible al ojo humano.

Tal y como demostró el físico Max Planck allá por el año 1900, existe una correlación entre la temperatura de un cuerpo y la intensidad de la radiación infrarroja que emite.

Una cámara termográfica mide la onda larga de la radiación infrarroja recibida en el campo de visión, a partir de la cual calcula la temperatura del objeto a medir. El cálculo tiene en cuenta la emisividad (ϵ) de la superficie del objeto medido así como la compensación de la temperatura reflejada (RTC); estas dos variables se pueden ajustar manualmente en la cámara termográfica.

Cada píxel del detector representa una marca térmica que se muestra en el visualizador como una imagen de color simulada (ver “Marca y distancia de medición”, p. 13).

La termografía (la medición de temperatura con una cámara termográfica) es un método de medición pasivo, sin contacto. La imagen termográfica muestra la distribución de temperatura en la superficie de un objeto, por lo que una cámara termográfica no se debe usar para “mirar” en el interior o a través de los objetos.

1.1 Emisión, reflexión, transmisión

La radiación registrada por la cámara termográfica consiste en la radiación de onda larga emitida, reflejada y transmitida que surge de los objetos presentes en el campo de visión de la cámara.

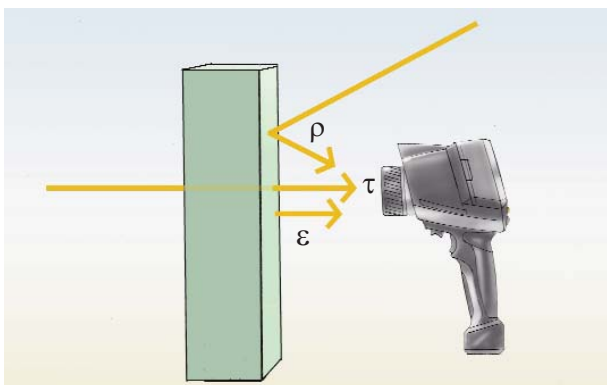
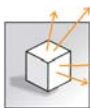


Ilustración 1.1: Emisión, reflexión y transmisión

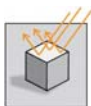


Emisividad (ϵ)

La emisividad (ϵ) es la medida de la capacidad de un material de emitir (propagar) radiación infrarroja.

- La ϵ varía según las propiedades de la superficie, el material, y, (para algunos materiales) según la temperatura del objeto medido.

- Emisividad máxima: $\varepsilon = 1$ ($\cong 100\%$) (ver. “radiación de un cuerpo negro”, p. 38). $\varepsilon = 1$, en realidad, nunca se da.
- Cuerpos reales: $\varepsilon < 1$, porque los cuerpos reales también reflejan y algunos incluso transmiten radiación.
- Muchos materiales no metálicos (p.ej. PVC, hormigón, sustancias orgánicas) tienen una elevada emisividad en el rango infrarrojo de onda larga que no depende de la temperatura ($\varepsilon \approx 0.8$ a 0.95).
- Los metales, sobre todo aquellos con una superficie brillante, tienen una baja emisividad que fluctúa con la temperatura.
- La ε se puede configurar manualmente en la cámara.

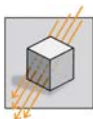


Reflexión (ρ)

La reflexión (ρ) es la medida de la capacidad de un objeto de reflejar la radiación infrarroja.

- La ρ depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo de material.
- Por lo general, las superficies lisas y pulidas reflejan mucho más que las irregulares y sin pulir del mismo material.
- La temperatura de la radiación reflejada se puede configurar manualmente en la cámara termográfica (RTC).
- En muchas aplicaciones, la RTC se corresponde con la temperatura ambiente, medible con el termómetro testo 810.
- La RTC se puede determinar con un radiador Lambert (ver “Medición de la temperatura reflejada con un (improvisado) radiador Lambert”, p. 27).

- El ángulo de reflexión de la radiación infrarroja reflejada es siempre el mismo que el ángulo de incidencia (ver “radiación especular”, p. 31).



Transmisión (τ)

La transmisión (τ) es la medida de la capacidad de un material de transmitir (permitir el paso) de la radiación infrarroja.

- La τ depende del tipo y grosor del material.
- Muchos materiales son no transmisivos, es decir, impermeables a la radiación infrarroja de onda larga.

Ley de radiación de Kirchhoff's

La radiación infrarroja registrada por la cámara termográfica consiste en:

- la radiación emitida por el objeto medido;
- la reflexión de la radiación ambiente y
- la transmisión de radiación del objeto medido.

(ver ilustración 1.1, p. 6)

El resultado de la suma de estos factores es siempre 1 ($\cong 100\%$):

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

Dado que en la práctica la transmisión juega un papel inapreciable, la variable τ se omite en la fórmula

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

que se simplifica a

$$\varepsilon + \rho = 1.$$

En termografía, esto quiere decir:

A menor emisividad,

- ⇒ mayor proporción de radiación infrarroja reflejada,
- ⇒ mayor dificultad en la toma de mediciones precisas de temperatura y
- ⇒ mayor importancia adquiere la configuración correcta de la compensación de la temperatura reflejada (RTC).

Correlación entre emisión y reflexión

1. La medición de objetos con emisividad elevada ($\epsilon \geq 0.8$):

- ⇒ presenta un nivel de reflexión bajo (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ se puede medir su temperatura muy fácilmente con la cámara termográfica.

2. La medición de objetos con emisividad media ($0.6 < \epsilon < 0.8$):

- ⇒ presenta un nivel de reflexión medio (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ se puede medir su temperatura fácilmente con la cámara termográfica.

3. La medición de objetos con emisividad baja ($\epsilon \leq 0.6$)

- ⇒ presenta un nivel de reflexión alto (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$.
- ⇒ se puede medir su temperatura con la cámara termográfica, pero los resultados se deben valorar muy cuidadosamente.
- ⇒ Es primordial ajustar la compensación de la temperatura reflejada (RTC) de forma correcta, puesto que es un factor de vital importancia para el cálculo de la temperatura.

La verificación del correcto ajuste de emisividad es particularmente crucial cuando hay grandes diferencias en temperatura entre el objeto medido y el entorno.

1. En el caso de que la temperatura del objeto medido sea superior a la temperatura ambiente (el radiador de la ilustración 1.2, p.11):
 - ⇒ Un ajuste de la emisividad demasiado alto resulta en unas lecturas de temperatura demasiado bajas (cámara 2).
 - ⇒ Un ajuste de la emisividad demasiado bajo resulta en unas lecturas de temperatura demasiado altas (cámara 1).
2. En el caso de que la temperatura del objeto medido sea inferior a la temperatura ambiente (la puerta de la ilustración 1.2, p.11):
 - ⇒ Un ajuste de la emisividad demasiado alto resulta en unas lecturas de temperatura demasiado altas (cámara 2).
 - ⇒ Un ajuste de la emisividad demasiado bajo resulta en unas lecturas de temperatura demasiado bajas (cámara 1).

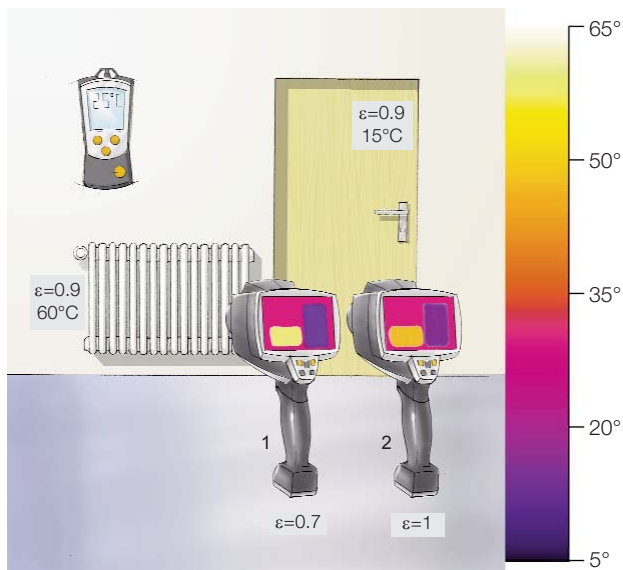


Ilustración 1.2: Efectos de un ajuste de emisividad incorrecto en la medición de temperatura

Tenga en cuenta: contra mayor es la diferencia entre la temperatura del objeto medido y la temperatura ambiente, y menor es la emisividad, mayor es el nº de errores en la medición. Estos se incrementan si el ajuste de emisividad es incorrecto.





- Con la cámara termográfica solo se mide la temperatura superficial, nunca la del interior o a través de los objetos.
- Muchos materiales transparentes a simple vista como el cristal son **no** transmisores (permeables) a la radiación infrarroja de onda larga (ver “Mediciones en cristal”, p. 30).
- Cuando sea necesario, quitar cualquier envoltorio o cubierta del objeto a medir, de lo contrario la cámara solo medirá la temperatura de la superficie del envoltorio o cubierta.

Precaución:

¡Respetar siempre las instrucciones de uso del objeto medido!

- Los pocos materiales transmisores incluyen, por ejemplo, finas láminas de plástico y el germanio, los materiales de los que están fabricados tanto la lente como el protector de la cámara termográfica Testo.
- Si hay elementos bajo la superficie que afectan a la distribución térmica por conducción de la misma, en el visualizador de la cámara termográfica se podrían identificar estos elementos. Sin embargo, la cámara termográfica siempre mide solamente la temperatura de la superficie, por lo que no podría determinar de forma exacta el valor de temperatura de los elementos situados bajo la superficie.

1.2 Marca y distancia de medición

Se deben tener en cuenta tres variables para determinar la distancia de medición apropiada y el tamaño máximo del objeto a medir que es visible o medible:

- el ángulo de visión (FOV);
- el objeto identificable más pequeño (IFOV_{geo}) y
- el objeto medible/marca de medición más pequeña (IFOV_{meas}).

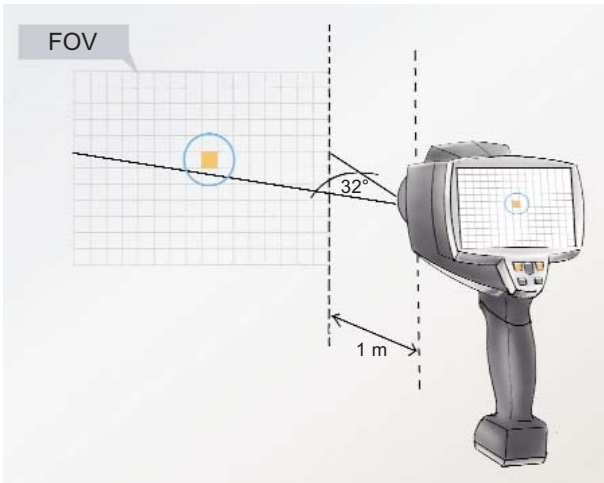


Ilustración 1.3: el ángulo de visión de la cámara termográfica

El ángulo de visión (FOV) de la cámara termográfica describe el área visible con la misma (ver il. 1.3, p. 13). Este ángulo viene determinado por el objetivo usado (p.ej. objetivo angular 32° de serie en las cámaras testo, teleobjetivo de 9° disponible como accesorio).



Se debe usar un objetivo angular para tener un campo de visión más amplio.

Además, Vd. debe conocer la especificación del objeto identificable más pequeño (IFOV_{geo}) de su cámara termográfica. Dicha especificación establece el tamaño de un píxel según la distancia.

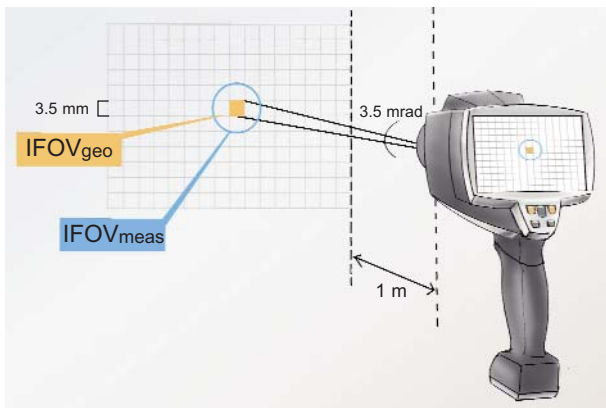


Ilustración 1.4: ángulo de visión de un píxel individual

Con una resolución espacial del objetivo de 3.5 mrad a una distancia de medición de 1 m, el objeto identificable más pequeño ($IFOV_{geo}$) tiene un tamaño de 3.5 mm y se muestra en el visualizador como un píxel (ver il.1.4, p. 14). Para medir con precisión, el objeto a medir debe ser de 2 a 3 veces más grande que el objeto identificable más pequeño ($IFOV_{geo}$).

La siguiente fórmula se podría aplicar como regla general para el objeto medible más pequeño ($IFOV_{meas}$):

$$IFOV_{meas} \approx 3 \times IFOV_{geo}$$

- Se debe utilizar un teleobjetivo para obtener una buena resolución espacial.
- Con la regla de cálculo FOV Testo, se pueden determinar los valores FOV, $IFOV_{meas}$ e $IFOV_{geo}$ a varias distancias. Solicítenos esta regla sin compromiso o calcule los valores online en www.testo.es/FOV.




2 Termografía práctica

2.1 El objeto medido y su entorno

El objeto medido


1. Material y emisividad



La superficie de cada material tiene una emisividad específica a partir de la cual se deriva la cantidad de radiación infrarroja emitida desde el material que se

- refleja y se
- emite (se radia desde el objeto mismo).


2. Color



El color de un material no tiene un efecto perceptible en la radiación infrarroja de onda larga emitida por el objeto del que se mide la temperatura con una cámara termográfica.

Las superficies oscuras absorben más radiación infrarroja de onda corta que las superficies claras y por tanto se calientan más rápidamente. No obstante, la radiación infrarroja emitida depende de la temperatura y no del color de la superficie del objeto a medir. Un radiador pintado en negro, p.ej., emite exactamente la misma cantidad de radiación infrarroja de onda larga que un radiador blanco a la misma temperatura.

3. La superficie del objeto a medir



Las propiedades de la superficie del objeto a medir tienen un papel capital en la medición de temperatura con una cámara termográfica, ya que la emisividad de la misma varía según su estructura, su recubrimiento o su pulcritud.

Estructura de la superficie

Por lo general, la emisividad en las superficies, lisas, brillantes, reflectantes y/o pulidas es más baja que en las mate, cuarteadas, rugosas, erosionadas y/o rayadas del mismo material. En superficies sumamente lisas ocurren a menudo reflejos especulares (ver “Reflejo especular”, p. 31).

Humedad, nieve y escarcha en la superficie

El agua, la nieve y la escarcha tienen unas emisividades relativamente altas (aprox. $0.85 < \varepsilon < 0.96$), por lo que la medición de estas sustancias se realiza sin problemas normalmente. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la temperatura del objeto a medir puede estar distorsionada si hay capas de este tipo. La humedad enfría la superficie del objeto al evaporarse, y la nieve tiene buenas propiedades aislantes. Habitualmente la escarcha no forma una capa aislante, por lo que se deben tener en cuenta las emisividades tanto de la escarcha como la de la superficie bajo ella cuando se efectúa la medición.

Suciedad y partículas en la superficie

La suciedad en la superficie del objeto a medir, como polvo, hollín o lubricante normalmente incrementa la emisividad en la misma, por lo que la medición en objetos manchados no presenta problemas en general. No obstante, la cámara termográfica siempre mide la temperatura de la superficie, es decir, la mugre, y no la temperatura exacta de la superficie del objeto que hay debajo.



- La emisividad de un material depende en gran medida de la estructura de su superficie.
- Tenga en cuenta el ajuste correcto de emisividad según el recubrimiento en la superficie del objeto a medir.
- Evite medir en superficies húmedas o superficies recubiertas de nieve o escarcha.
- Evite medir sobre suciedad suelta (distorsión de la temperatura debido a bolsas de aire).
- Al medir en superficies lisas, tenga en cuenta cualquier posible fuente de radiación cercana (p.ej. el sol, radiadores etc.).

El entorno de la medición



1. La temperatura ambiente

Vd. debe ponderar el ajuste de la temperatura reflejada (RTC) así como el de la emisividad (ϵ) para que su cámara calcule correctamente la temperatura del objeto medido. En muchas aplicaciones, la temperatura reflejada corresponde a la temperatura ambiente (ver. “Radiación”, p. 19). Esta se puede medir, por ejemplo, con el termómetro testo 810.

Siempre que haya una gran diferencia de temperatura entre el objeto a medir y la ambiente, es de vital importancia ajustar la emisividad de forma correcta (ver la ilustración 1.2, p. 11).



2. Radiación

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto ($0 \text{ Kelvin} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$) emite radiación infrarroja, por lo que especialmente los objetos con una gran diferencia de temperatura con el objeto a medir pueden alterar la medición por infrarrojos como resultado de su propia radiación. En estos casos, se deben evitar estas fuentes de interferencia en la medida de lo posible. Apantallando estas fuentes (p.ej. con una lona o un cartón) se minimizan estos efectos negativos, pero si aun así no se pueden evitar, hay que tener en cuenta que la temperatura reflejada no se corresponde con la temperatura ambiente. Se recomienda un termómetro de globo o un radiador Lambert, p.ej., para medir la radiación reflejada junto a la medición de su cámara termográfica (ver “Determinar la temperatura de la radiación reflejada”, p. 27).

Características especiales de la termografía en exteriores

La radiación infrarroja emitida en un día despejado se denomina coloquialmente “radiación celestial fría difusa”. Si el cielo está raso, esta radiación ($\sim -50 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-60 \text{ }^\circ\text{C}$) y la luz del sol ($\sim 5500 \text{ }^\circ\text{C}$) se reflejan durante el día. El área del cielo supera en mucho a la del astro rey, por lo que la temperatura reflejada en la termografía en exteriores siempre se sitúa por debajo de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, incluso en un día soleado. Los objetos almacenan calor como resultado de la absorción de los rayos del sol, lo que afecta sobremanera a la temperatura de sus superficies, en algunos casos durante horas tras la exposición al sol.

En la ilustración 2.1 (p. 20) la imagen térmica muestra que el canalón está más frío que la pared de la casa, aunque ambos están

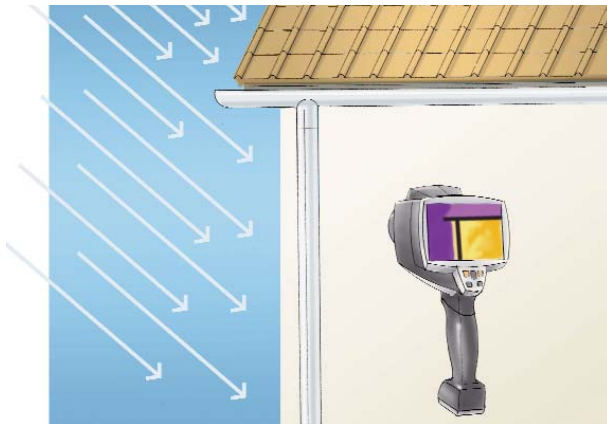


Ilustración 2.1: reflexión para mediciones en exteriores

aproximadamente a la misma temperatura, por lo que hay que considerar la imagen.

Asumimos que la superficie del canalón está galvanizada y que su emisividad es muy baja ($\epsilon = 0.1$), por lo que solo el 10% de la radiación infrarroja en onda larga emitida es inherente, el 90% es radiación reflejada del ambiente. Con el cielo raso, “la radiación celestial difusa fría” ($\sim -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) se refleja en el canalón. La cámara está ajustada a una $\epsilon = 0.95$ y una $\text{RTC} = -55\text{ }^{\circ}\text{C}$ para asegurar una medición correcta de la pared, por lo que debido a una emisividad muy baja y una elevada reflexión, el canalón se muestra demasiado frío en la imagen térmica. Para mostrar las temperaturas de ambos materiales correctamente, Vd. puede

- Por favor, tenga siempre en cuenta el efecto de la radiación infrarroja emitida por Vd. mismo.
- Varíe su posición durante la medición para identificar cualquier reflexión. La reflexión se mueve, mientras que las características térmicas del objeto son inmóviles, incluso si cambia la perspectiva.
- Evite medir cerca de objetos muy fríos o calientes, o apantállelos.
- Evite la luz directa del sol, incluso unas horas antes de la medición. Mida a primera hora de la mañana.
- Siempre que sea posible, efectúe las mediciones en exteriores con el cielo nublado.



ajustar la emisividad de ciertas áreas posteriormente en un software de análisis (p.ej el Testo IIRSoft, versión 2.0 o superior)

3. Meteorología

Nubes

Las condiciones ideales para la medición en exteriores se dan en un día nublado, puesto que la capa de nubes evita que los objetos se vean afectados por los rayos del sol y la “radiación celestial difusa fría” (ver. “Radiación”, p. 19).



Precipitación

Una fuerte precipitación (lluvia, nieve) puede distorsionar el resultado de la medición. El agua, el hielo y la nieve tienen una

elevada emisividad y por tanto son impermeables a la radiación infrarroja. Además, la medición en objetos mojados es errónea, ya que la temperatura de la superficie del objeto se enfría a medida que se evapora el agua (ver “Superficie del objeto de medición”, p. 16).




- Preferentemente mida con el cielo nublado.
- Tenga en cuenta también las nubes presentes unas horas antes de la medición.
- Evite cualquier precipitación fuerte durante la medición.

El sol

(ver “Radiación”, p. 19)

4. El ambiente

Humedad ambiente



La humedad ambiente relativa debe ser lo suficientemente baja para que no haya condensación (neblina) en el aire, o vaho en el objeto a medir, en el filtro de protección o incluso en el objetivo de la cámara. Si este (o el filtro) se ha empañado, parte de la radiación infrarroja que llega a la cámara se pierde porque no puede penetrar a través del agua presente en la lente.

Una niebla espesa también afecta a la medición porque el rocío presente en el canal de transmisión bloquea parte de la radiación infrarroja.

Corrientes de aire

Cualquier flujo o corriente de aire en una sala afecta a la medición de temperatura con la cámara termográfica.

Como resultado del intercambio de calor (convección), el aire cercano a la superficie tiene la misma temperatura que el objeto medido. Si hay corrientes de aire, esta capa desaparece sustituida por otra capa cuya temperatura todavía no se ha adaptado a la del objeto. Por medio de la convección, el objeto medido desprende o absorbe calor hasta que la temperatura de su superficie y la del aire se han igualado. El efecto del intercambio de calor se incrementa contra mayor es la diferencia de temperatura entre la superficie del objeto a medir y la temperatura ambiente.

Polución

Algunas materias suspendidas en el aire, como polvo, hollín o humo, por ejemplo, así como algunos vahos, tienen una elevada emisividad y apenas permiten la transmisión. Estas materias pueden falsear la medición, puesto que emiten su propia radiación infrarroja que se recibe en la cámara termográfica. Además, estas materias dispersan y absorben parte de la radiación infrarroja emitida por el objeto, por lo que ésta no se detecta en su totalidad en la cámara.



- No mida nunca en niebla densa o en vapor de agua.
- No mida si la humedad ambiente se condensa en la cámara termográfica (ver “Humedad, nieve y escarcha en la superficie”, p. 17).
- En la medida de lo posible, evite cualquier corriente de aire durante la medición.
- Tenga en cuenta la velocidad y dirección de las corrientes de aire durante la medición e incluya estos datos cuando analice las imágenes térmicas.
- No mida en aire sucio (p.ej. justo después de levantarse el polvo).
- Mida siempre a la menor distancia posible que permita su aplicación para minimizar al máximo los efectos de posibles materias suspendidas en el aire.



5. La luz

La luz o la iluminación no afectan significativamente a la medición con una cámara termográfica. Vd. puede medir en la oscuridad ya que la cámara mide la radiación infrarroja de onda larga.

Aún así, algunas fuentes de luz caliente emiten radiación infrarroja que pueden afectar a la temperatura de los objetos cercanos, por lo que no se debería medir, p.ej., a la luz directa del sol o cerca de una bombilla caliente. Luces frías, como los LEDs o los neones, no tienen este problema ya que convierten la energía usada en luz visible y no en radiación infrarroja.

2.2 Determinación práctica de la ε y la RTC

Para determinar la emisividad de la superficie de un objeto de medición Vd. puede, por ejemplo:

- consultar una tabla de emisividades (ver “Tabla de emisividades”, p. 50).

Precaución:

Los valores de una tabla de emisividades son orientativos, la emisividad de la superficie del objeto que esta midiendo puede ser diferente al valor de la tabla.

- determinar la emisividad mediante una medición de referencia con un termómetro de contacto (p.ej. el testo 905-T2 o el testo 925) (ver. “Mediante un termómetro de contacto”, p. 25).
- determinar la emisividad mediante una medición de referencia con una cámara termográfica (ver “Mediante una cámara termográfica”, p. 26).

Determinar la emisividad con una medición de referencia

1. Mediante un termómetro de contacto

Primero mida la temperatura de la superficie del objeto medido con un termómetro de contacto (p.ej. el testo 905-T2 o el testo 925). A continuación, mida la temperatura de la superficie con la cámara termográfica y un ajuste de emisividad a 1. La diferencia entre ambos valores es el resultado de la emisividad configurada demasiado alta. Reduzca gradualmente el ajuste de emisividad hasta que ambos valores coincidan. Cuando esto se cumpla, el ajuste

de emisividad corresponderá a la emisividad de la superficie del objeto medido.

2. Mediante una cámara termográfica

Primero enganche un trozo de cinta adhesiva de emisividad (p.ej. la cinta adhesiva de emisividad Testo resistente al calor) al objeto a medir. Después de un rato, mida la temperatura del área con la cinta con la cámara termográfica y la emisividad ajustada a la de la cinta. La temperatura medida es el valor de referencia. A continuación ajustar la emisividad hasta que la cámara mida la misma temperatura en cualquier zona sin la cinta que el valor de referencia. El valor de emisividad ajustado corresponde a la emisividad de la superficie del objeto medido. Como alternativa a la cinta adhesiva de emisividad, Vd también puede:

- recubrir el objeto a medir con una capa o pintura de emisividad conocida.
- recubrir el objeto a medir con una capa gruesa (> 0.13 mm) de aceite resistente al calor ($\epsilon \approx 0.82$).
- recubrir el objeto de medición con una capa gruesa de hollín ($\epsilon \approx 0.95$).

- **Precaución:**

¡Respete siempre las instrucciones de funcionamiento del objeto a medir!



- Al recubrir o envolver el objeto a medir, tenga en cuenta que el recubrimiento o la cinta adhesiva debe adaptarse a la temperatura del objeto antes de poder efectuar una medición correcta.

Determinar la temperatura de la radiación reflejada

Una vez evitada cualquier posible fuente de interferencia que podría afectar a la medición, la temperatura de la radiación infrarroja reflejada es la misma que la temperatura ambiente. Vd. puede medir esta temperatura con un termómetro ambiente, p.ej. el testo 810, y ajustar la RTC en su cámara termográfica basándose en ese valor.

No obstante, si hay fuentes de radiación cercanas al lugar de la medición, Vd. debe determinar la temperatura de la radiación reflejada para asegurar un resultado preciso en la medición.

Medición de la temperatura reflejada con un (improvisado) radiador Lambert

Un radiador Lambert es un objeto que refleja la radiación incidente con la difusión óptima, es decir, con la misma intensidad en cualquier dirección.

Vd. puede medir la temperatura de la radiación reflejada en un radiador Lambert con la cámara termográfica. Si no dispone de

tal objeto, una lámina de papel de aluminio arrugada y alisada de nuevo es un sustituto adecuado, puesto que la lámina tiene una elevada reflexión y, gracias a las arrugas, la reflexión difusa de la radiación es casi perfecta (ver la il. 2.3, lámina de la derecha, p. 32).

Para medir la temperatura de la radiación reflejada, situar el radiador Lambert cerca o idealmente sobre la superficie del objeto a medir. A continuación mida la temperatura del radiador con la emisividad ajustada a 1. La cámara calcula la temperatura de la radiación incidente. Vd. puede tomar este valor como el ajuste de RTC en su cámara y medir la temperatura del objeto con la emisividad ajustada a la superficie del mismo.

2.3 Errores en la medición por infrarrojos

Los siguientes factores pueden distorsionar el resultado de la medición por infrarrojos:

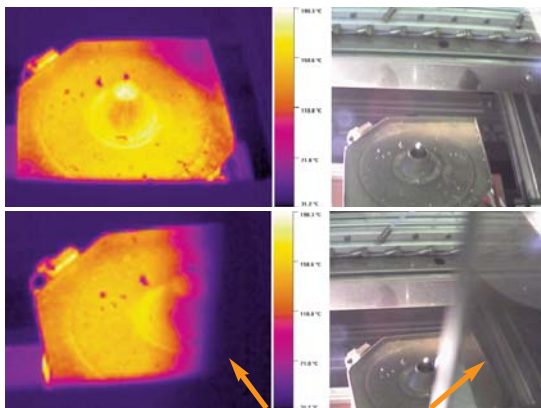
- Ajuste incorrecto de la emisividad
 - ⇒ Determinar y ajustar la emisividad correcta (ver “Determinar la emisividad por medio de una medición de referencia”, p. 25).
- Ajuste incorrecto de la RTC
 - ⇒ Determinar y ajustar la temperatura reflejada (ver “Determinar la temperatura de la radiación reflejada”, p. 27).
- Imágen térmica borrosa
 - ⇒ Enfocar la cámara en el momento de tomar la imagen, ya que la nitidez no se puede modificar con posterioridad.
- Distancia de medición demasiado corta o larga

- Mediciones tomadas con el objetivo inadecuado
- Marca de medición demasiado grande
 - ⇒ Al medir, respete la distancia mínima de enfoque de su cámara termográfica.
 - ⇒ Como en la fotografía convencional, use el objetivo angular y el teleobjetivo de forma adecuada.
 - ⇒ Trate siempre de medir a corta distancia.
- Impedimentos en el canal de transmisión (p.ej. polución, envoltorios etc.)
- Efectos de fuentes externas de radiación (p.ej. luces incandescentes, el sol, calefactores, etc.)
- Mala Interpretación de la imagen térmica debido a la reflexión
 - ⇒ Evite medir donde haya fuentes de interferencias.
 - ⇒ Desactivar o apantallar las fuentes de interferencia cuando sea posible, o considerar dicha influencia cuando se analice la imagen térmica.
- Cambios rápidos en la temperatura ambiente
 - ⇒ Si la temperatura ambiente cambia de frío a caliente, se podría empañar el objetivo.
 - ⇒ Siempre que sea posible, use cámaras térmicas con detectores de temperatura estabilizada.
- Mala interpretación de la imagen térmica por falta de conocimiento acerca de la forma del objeto a medir
 - ⇒ Se debe saber que forma tiene y en que tipo de objeto se va a medir.
 - ⇒ Siempre que sea posible, use también imágenes reales (fotos) para interpretar las imágenes térmicas.

Mediciones en cristal

El ojo humano puede ver a través del cristal, pero este es impermeable a la radiación infrarroja, por lo que una cámara termográfica solo medirá la temperatura superficial del cristal y no la de los objetos tras el mismo (ver ilustración 2.2). No obstante, el cristal es transmisor para la radiación de onda corta, lo que significa que el sol que entra por una ventana puede calentar el objeto que se desea medir.

El cristal también es un material reflexivo; tenga en cuenta la reflexión especular cuando se mida en cristal (ver “Reflexión especular”, p. 31).



Panel de cristal enfrente del objeto de medición

Ilustración 2.2: medición en cristal

Mediciones en metal

Los metales, y sobre todo los que tienen una superficie brillante, son potentes reflectores de radiación infrarroja de onda larga. Su emisividad es muy baja y cambia con la temperatura (ver “Radiadores coloreados”, p. 40). Por tanto, la medición con cámara termográfica en estos materiales es problemática. Aparte de ajustar la emisividad, también es muy importante un ajuste correcto de la temperatura reflejada (ver “Determinar la temperatura de la radiación reflejada”, p. 27), así como tener muy en cuenta la reflexión especular (ver “Reflexión especular”, p. 31). Si están pintados la medición es más sencilla porque las pinturas generalmente tienen una emisividad alta. No obstante, se debe tener en cuenta la reflexión de la radiación ambiente.

Reflexión especular

Normalmente, una reflexión especular claramente visible es un indicador de una superficie altamente reflectante, o sea una superficie con baja emisividad. Aunque una elevada especularidad no es sinónimo de una elevada reflexión. P. ej. algunas reflexiones especulares de la radiación ambiente se detectan en la imagen térmica de una superficie pintada (p.ej. la silueta del operario que efectúa la medición) aunque generalmente la emisividad de las pinturas es alta ($\epsilon \approx 0.95$). Por el contrario, los perfiles de objetos reflejados en el entorno de la medición no se detectan en la imagen térmica de un muro de arenisca, aunque este tiene baja emisividad ($\epsilon \approx 0.67$).

Por tanto, que la radiación ambiente se refleje de forma especular claramente delimitada no depende en la emisividad sino en la

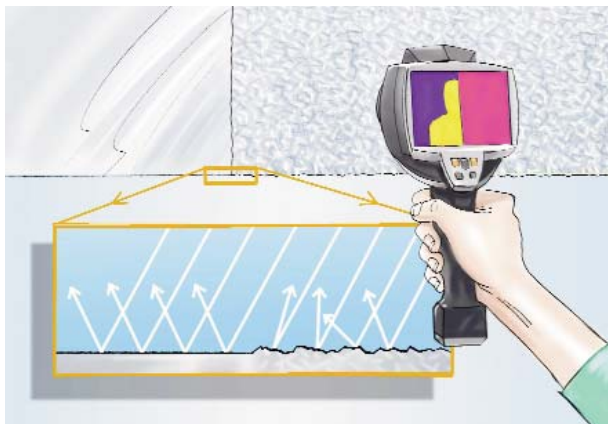


Ilustración 2.3: reflexión especular y difusa

estructura de la superficie.

Toda radiación se refleja en el mismo ángulo de la incidencia, por lo que se aplica siempre esta regla general: ángulo de incidencia = ángulo de reflexión. Esto se demuestra claramente en la ilustración 2.3 en la zona ampliada de la lámina lisa de aluminio (izquierda). En este caso la radiación infrarroja de la persona que toma la medición se refleja de la misma forma en la que incide en la superficie (reflexión especular).

La regla ángulo de incidencia = ángulo de reflexión también se aplica a la radiación infrarroja que incide en la parte arrugada de

la lámina de aluminio (derecha). No obstante, en este caso los rayos infrarrojos se reflejan en diferentes ángulos según el área de incidencia. Como si se tratara de un radiador Lambert, se reflejan en todas direcciones, lo que significa que la difusión de la reflexión elimina cualquier trazo de la fuente de la radiación infrarroja reflejada. La reflexión del lado arrugado del aluminio es una mezcla de la radiación infrarroja de las dos fuentes de radiación reflejadas (la persona que toma la medición y el entorno tras la misma).

- Altamente especular no significa lo mismo que altamente reflectante.
- Por favor, tenga siempre en cuenta el efecto de su propia radiación infrarroja.
- Superficies en las que no se detecte reflexión especular alguna también pueden tener una elevada reflexión.
- Mida las superficies lisas desde diferentes ángulos y direcciones para determinar qué irregularidades en la distribución de temperatura son atribuibles a la reflexión y cuales al objeto en el que se mide.



2.4 Condiciones óptimas para la medición por infrarrojos

Unas condiciones ambiente estables es lo más importante en la medición por infrarrojos, lo que quiere decir que el clima y los objetos en el entorno de la medición y otras influencias no deben variar durante la misma. Esta es la única forma de valorar posibles fuentes de interferencia y documentarlas para analizarlas con posterioridad. Para la medición en exteriores, las condiciones meteorológicas también deben ser estables y el cielo nublado para evitar que la luz solar y la “radiación celestial difusa fría” incidan en el objeto. Tenga en cuenta también que los objetos a medir pueden estar calentados por una exposición previa al sol y su capacidad de almacenar calor.

Las condiciones ideales para la medición son:

- Condiciones ambiente estables;
- Cielo nublado antes y durante la medición (para mediciones en exteriores);
- Sin luz solar directa antes y durante la medición;
- Sin precipitaciones;
- Superficie del objeto de medición seca y libre de otras influencias térmicas (p.ej. hojarasca o astillas);
- Sin viento o corrientes de aire;
- Sin interferencias en el entorno de medición o canal de transmisión;
- La superficie del objeto de medición tiene una elevada emisividad que se conoce con exactitud.

Para la termografía en la construcción, se recomienda una diferencia de temperatura de 15 °C entre la interior y la exterior.

2.5 La imagen térmica perfecta

Al tomar una imagen térmica, Vd. debe tener en cuenta dos factores:

- determinar el área adecuada y
- enfocar la imagen térmica correctamente en encuadre relevante a la medición.

Como en la fotografía digital, no se puede alterar el encuadre o el enfoque de la imagen térmica después de tomarla y memorizarla.

Para obtener una imagen térmica perfecta, Vd. puede efectuar los siguientes ajustes en su cámara y en el software de análisis (p.ej. el Testo IRSofT):

- Cambiar los ajustes de emisividad y la compensación de la temperatura reflejada (RTC).

Esto se puede hacer paso a paso o por secciones con un software de análisis profesional, como el Testo IRSofT 2.0, por ejemplo.

- Elegir una paleta de colores apropiada (p.ej. hierro, arco iris, etc.). Dependiendo de la paleta se obtiene mayor contraste, lo que facilita la interpretación de la imagen térmica.
- Ajustar la escala de temperatura manualmente.

Así se mejora la gradación de temperatura o la de color de su cámara termográfica (ver ilustración 2.4).

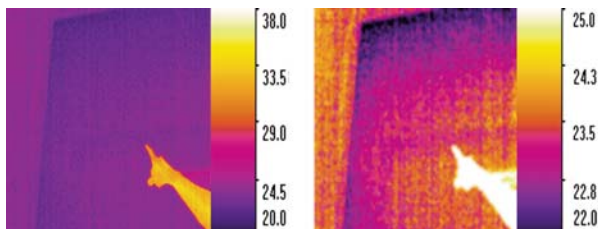


Ilustración 2.4: ajuste de la escala de temperatura

Los siguientes consejos le resultarán muy útiles para tomar imágenes térmicas:

- Incluya en el cálculo, prevenga o evite cualquier posible fuente de interferencia.
- La superficie del objeto a medir debe estar libre de fuentes de interferencia ópticas o térmicas.
Siempre que sea posible, retire cualquier envoltorio u objeto del entorno que pueda causar alguna interferencia.
- Cambie su posición al medir para poder identificar cualquier reflexión.
Las reflexiones se mueven, mientras que las características térmicas se mantienen aunque cambie el punto de vista.
- La marca de medición nunca debe ser mayor que el objeto a medir.
- Mida siempre a la menor distancia posible del objeto.
- Use un objetivo apropiado a cada tarea de medición.

- Para efectuar mediciones exactas en detalles, se recomienda usar un trípode.
- Debe conocerse el diseño del objeto a medir para poder indentificar correctamente sus características térmicas.
- Use una cámara termográfica con cámara digital integrada para utilizar imágenes reales y analizarlas junto a las imágenes térmicas con posteriordad .
- Anote todas las condiciones ambiente, mídalas y documéntelas cuando sea necesario para tenerlas en cuenta en el análisis posterior de las imágenes térmicas.

3 Apéndice

3.1 Glosario de termografía

A

Absorción

Cuando la radiación electromagnética infrarroja alcanza un objeto, este absorbe parte de esta energía. La absorción de radiación infrarroja significa que el objeto se calienta. Los objetos calientes emiten más radiación infrarroja que los fríos. La radiación infrarroja absorbida se convierte así en radiación infrarroja emitida (irradiada desde el objeto). Por tanto, la absorción corresponde a la emisividad.

La radiación infrarroja incidente en el objeto que no se absorbe se refleja y/o se transmite (atraviesan el objeto).

C

Calibración

Procedimiento en el que se determinan y comparan las lecturas de un instrumento (valores reales) y las de un instrumento de referencia (valores nominales). El resultado indica si las lecturas reales de un instrumento se sitúan dentro de los límites permisibles/rango de tolerancia. Al contrario que en un ajuste, la desviación identificada en la lectura actual solo se documenta en la calibración pero no se ajusta al valor nominal. Los intervalos para las sucesivas calibraciones dependen en la tarea y requisitos de cada medición.

Cámara termográfica

Cámara que mide la radiación infrarroja y convierte la señal en una imagen térmica. Con la cámara termográfica se pueden ver en las superficies de los objetos distribuciones de temperatura que no puede percibir el ojo humano. Las aplicaciones más habituales de una cámara termográfica se dan en los sectores de la construcción, la industria y la electricidad.

Celsius [°C]

Unidad de temperatura. A presión normal, el punto cero de la escala Celsius (0 °C) es la temperatura de congelación del agua. Otro punto fijo de la escala es el de ebullición del agua a 100 °C.
 $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$ ó $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$.

Cero absoluto

El cero absoluto es -273.15 °C (0 Kelvin = -459.69 °F). Todo cuerpo emite energía térmica por encima del cero absoluto.

Condensación

Transición de una sustancia del estado gaseoso al líquido. La humedad ambiente puede condensar en superficies si la temperatura de estas y por tanto la temperatura del aire de la superficie es menor que la temperatura circundante o si la humedad llega a la temperatura del punto de rocío.

Conducción

Conducción de calor. Transferencia de energía térmica entre partículas colindantes. La energía siempre se transfiere desde la

partícula caliente a la fría. Al contrario que en la convección, en la conducción no hay transporte de partículas.

Convección

Transporte de calor en cualquier supuesto en el que la energía térmica pasa de un sólido a un líquido o gas a consecuencia del transporte de partículas.

Cuerpo real

Ver “Radiador de cuerpo gris”, p. 46.

D

Detector

El detector recibe la radiación infrarroja y la convierte en una señal eléctrica. El tamaño del detector se especifica.

E

Emisividad (ϵ)

Es la medida de la capacidad de un material de emitir (propagar) radiación infrarroja. La emisividad varía según las propiedades de la superficie, el material y, en algunas materias, también según la temperatura del objeto.

F

Fahrenheit [$^{\circ}\text{F}$]

Unidad de temperatura, usada mayoritariamente en Norteamérica.

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32.$$

Ejemplo, 20 °C en °F: $(20\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32 = 68\text{ }^{\circ}\text{F}$.

FOV (Field of view [ángulo de visión])

El ángulo de visión de la cámara termográfica. Se especifica como un ángulo (p.ej. 32°) y define el área visible con la cámara. El ángulo de visión depende del detector de la cámara termográfica y del objetivo utilizado. Los objetivos angulares tienen un ángulo de visión ancho, los teleobjetivos (p.ej. el teleobjetivo Testo de 12°) tienen un ángulo de visión más pequeño con el mismo detector.

H

Humedad relativa (%HR)

Indicador en porcentaje de la cantidad de saturación de vapor de agua en el aire. Por ejemplo, a 33%HR el aire solo contiene alrededor de 1/3 del volumen máximo que el aire puede absorber a la misma temperatura y a la misma presión. A una humedad que exceda del 100% se empieza a formar condensación porque el aire está totalmente saturado y ya no puede asimilar más humedad; el vapor de agua en estado gaseoso se vuelve líquido. Cuanto más caliente está el aire, mayor es la cantidad de vapor de agua que puede absorber sin llegar a la condensación. Por tanto, la condensación se produce primero en las superficies frías.

IFOV_{geo} (Instantaneous Field of View [ángulo de visión instantáneo])

Resolución geométrica (resolución espacial). Medida de la capacidad de un detector, en conjunción con el objetivo, de mostrar los detalles. La resolución geométrica se especifica en mrad (= miliradianes) y define el objeto más pequeño que, dependiendo de la distancia de medición, puede mostrarse en la imagen térmica. En esta imagen, el tamaño del objeto corresponde a un píxel.

IFOV_{meas} (Measurement Instantaneous Field of View [ángulo de visión de la medición instantáneo])

Designación del objeto más pequeño en el que la cámara termográfica puede medir la temperatura de forma precisa. Suele ser de 2 a 3 veces más grande que el objeto identificable más pequeño (IFOV_{geo}).

Se aplica la siguiente regla general: $IFOV_{meas} \approx 3 \times IFOV_{geo}$.

El IFOV_{meas} también se conoce como la marca de medición.

Imágen térmica

Imágen que muestra la distribución de la temperatura en las superficies de los objetos mediante diferentes colores para los diferentes valores de temperatura. Las imágenes térmicas se toman con una cámara termográfica.

Indicador láser de la marca de medición

Es un rayo láser que sirve como apoyo a la hora de apuntar a la superficie de un objeto a medir (se proyecta un punto rojo). El rayo láser y el centro de la imagen no coinciden porque no están situados en el mismo eje óptico. Por tanto, el indicador láser no es adecuado para señalar la situación exacta que deseamos medir y que se muestra en el visualizador mediante el eje de coordenadas, solo sirve como una ayuda adicional.

Precaución:

Láser de clase 2: no dirigir el rayo láser a las personas o animales, no mirar directamente al láser, podría sufrir daños en el ojo!

Isotermas

Líneas de la misma temperatura. Se pueden visualizar las isotermas mediante un software de análisis (p.ej. el Testo IRSoft). En el proceso, todos los puntos en la cámara de medición con valores de temperatura dentro de un rango definido se marcan en color.

K

Kelvin [K]

Unidad de temperatura.

0 K corresponde al cero absoluto (-273.15 °C), por lo que se aplica lo siguiente: $273.15 \text{ K} = 0 \text{ °C} = 32 \text{ °F}$.

$K = \text{°C} + 273.15$.

Ejemplo de 20 °C en K: $20 \text{ °C} + 273.15 = 293.15 \text{ K}$.

M

Marca de medición

Ver "IFOV_{meas}", p. 42.

Medición en dos puntos

La medición en dos puntos consiste en la indicación en el visualizador de la cámara termográfica de dos valores de temperatura individuales de cualquier área de la imagen térmica por medio de dos cruces de coordenadas.

N

NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

Valor clave para la menor diferencia posible en temperatura que la cámara puede discernir. A menor valor, mejor resolución en la medición de la cámara termográfica.

O

Objetivos

El tamaño del ángulo de visión y en consecuencia el tamaño de la marca de medición varían según el objetivo utilizado. Un objetivo angular (p.ej el de serie de 32° en el testo 880) es particularmente adecuado si se desea obtener una descripción de la distribución de temperatura a lo largo de una superficie grande. Con un teleobjetivo (p.ej. el Testo de 12°) se pueden medir pequeños detalles de forma precisa, incluso a larga distancia.

P

Paleta de colores

Selección de colores para la imagen térmica de la cámara (p.ej la paleta “arco iris”, “hierro”, “escala de grises”). El contraste de una imagen térmica puede variar en calidad dependiendo de la tarea de medición y la paleta configurada. La paleta de colores se puede personalizar mediante el software de análisis (p.ej. el Testo IRSof) después de memorizar la imagen térmica. Tenga en cuenta siempre la interpretabilidad de la imagen térmica cuando configure la paleta. Intuitivamente, el rojo y el amarillo se asocian con el calor; el verde y el azul con el frío.

Periodo de estabilización

Es el tiempo que requiere la cámara termográfica para ajustarse a la temperatura ambiente de la situación.

Los detectores de temperatura estabilizada, como el que incorpora la cámara termográfica testo 880, tienen un tiempo de estabilización relativamente corto.

Punto caliente

Ver “Punto frío y punto caliente”, p. 45)

Punto de rocío/temperatura del punto de rocío

La temperatura de condensación del agua. A la temperatura del punto de rocío, el aire está saturado con más del 100% de vapor de agua. En el momento en que el aire ya no puede absorber más

agua, se forma la condensación.

Punto frío y punto caliente

El punto más frío de un área en una imagen térmica se conoce como “punto frío”, el más caliente como “punto caliente”.

Con la función “Reconocimiento Automático del Punto Frío/Caliente”, Vd. puede visualizar estos dos puntos en el visualizador de la cámara directamente. Esta función también está disponible en muchos de los softwares de análisis, p.ej. en el Testo IIRSoft 2.0, en el que Vd. puede visualizar estos dos puntos para cualquier área de la imagen térmica que se quieran definir.

R

Radiación infrarroja

La radiación infrarroja es radiación electromagnética de calor. Cada objeto con una temperatura superior al cero absoluto (0 Kelvin = $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite radiación infrarroja. La radiación infrarroja comprende los rangos de longitud de onda de $0.75\text{ }\mu\text{m}$ hasta cerca de $1,000\text{ }\mu\text{m}$ (= 1 mm) y por tanto bordea el rango de longitud de onda de la luz (0.38 a $0.75\text{ }\mu\text{m}$). Las cámaras termográficas miden habitualmente la radiación infrarroja de onda larga en el rango de $8\text{ }\mu\text{m}$ a $14\text{ }\mu\text{m}$ (como el testo 880, por ejemplo), ya que la atmósfera en este rango de longitud de onda es extremadamente permeable a la radiación infrarroja.

Radiador de cuerpo coloreado

Dícese de un objeto con una emisividad inferior a 1 que depende

de la temperatura y fluctúa solidariamente. Muchos metales son radiadores coloreados, causa por la que el aluminio, por ejemplo, incrementa su emisividad cuando se calienta ($\epsilon = 0.02$ a $25\text{ }^\circ\text{C}$, $\epsilon = 0.03$ a $100\text{ }^\circ\text{C}$).

Radiador de cuerpo gris

Casi todos los objetos de la naturaleza se definen como “radiadores de cuerpo gris” o “radiadores reales”. Al contrario que los radiadores de cuerpo negro, los radiadores de cuerpo gris solo absorben parte de la radiación infrarroja incidente. En un radiador de cuerpo gris, parte de la radiación incidente siempre se refleja en la superficie y a veces incluso se transmite (traspasa el objeto). Por tanto, la emisividad de un cuerpo gris siempre es inferior a 1.

Radiador de cuerpo negro

Dícese de un objeto que absorbe toda la energía de la radiación infrarroja incidente, la convierte en su propia radiación infrarroja y la emite totalmente. La emisividad de un radiador negro es 1 exactamente. Por tanto, la radiación no se refleja ni se transmite. En la naturaleza no existen objetos con estas propiedades.

Los aparatos para calibrar cámaras termográficas se conocen como radiadores de cuerpo negro, pero su emisividad esta por debajo del 1 ($\epsilon > 0.95$).

Radiador ideal

Ver “Radiador de cuerpo negro”, p. 46.

Radiador Lambert

Un radiador Lambert es un objeto que refleja la radiación incidente con la difusión óptima; en otras palabras, la radiación incidente se refleja con la misma potencia en todas las direcciones.

Vd. puede medir la temperatura de la radiación reflejada en un radiador Lambert con la cámara termográfica.

Reflexión (ρ)

Dícese de la capacidad de un material de reflejar la radiación infrarroja. La reflexión depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo de material.

RTC (Reflected Temperature Compensation [compensación de la temperatura reflejada])

Los cuerpos reales reflejan parte de la radiación. Esta temperatura reflejada se debe contemplar cuando se miden objetos de baja emisividad. Con un factor de corrección en la cámara, la reflexión se calcula y por tanto mejora la exactitud de la medición de temperatura. Generalmente, esto se hace de forma manual y/o por medio del software.

En muchos casos, la temperatura reflejada es idéntica a la temperatura ambiente. Si se refleja la radiación infrarroja proveniente de fuentes de interferencia en la superficie del objeto, se debe determinar la temperatura de la radiación reflejada (p.ej. con un termómetro de globo o un radiador Lambert). La temperatura reflejada tiene un efecto menos perceptible en los

objetos con mayor emisividad.

T

Tasa de refresco

Valor en hercios de las veces por segundo en las que se refresca una imagen en el visualizador (p.ej. 9 Hz/33 Hz/60 Hz). Una tasa de refresco de 9 Hz significa que la cámara termográfica actualiza la imagen térmica a una velocidad de nueve veces por segundo.

Temperatura

Variable para la energía inherente de un cuerpo.

Termografía

Proceso de toma de una imagen usando una tecnología de medición que visualiza la radiación de calor o la distribución de temperatura de la superficie de los objetos mediante una cámara termográfica.

Termograma

Ver “Imágen térmica”, p. 42.

Transmisión (T)

Dícese de la medida de la capacidad de un material de permitir a la radiación infrarroja atravesarlo, dependiendo de su grosor y del tipo de material. Muchos materiales son impermeables a la radiación infrarroja de onda larga.

3.2 Tabla de emisividad

Las siguientes tablas pueden servir como orientación para ajustar la emisividad en cualquier medición por infrarrojos. En ellas se indica la emisividad ϵ de algunos de los materiales más comunes. Dado que la emisividad varía con la temperatura y las propiedades de la superficie, estos valores solo deben ser considerados como guías para la medición de condiciones de temperatura o diferencias. Para medir el valor de temperatura absoluto, se debe determinar la emisividad exacta del material.

Material (temperatura del material)	Emisividad
Aluminio, bobinado (170 °C)	0.04
Aluminio, no oxidado (25 °C)	0.02
Aluminio, no oxidado (100 °C)	0.03
Aluminio, muy oxidado (93 °C)	0.20
Aluminio, muy pulido (100 °C)	0.09
Algodón (20 °C)	0.77
Hormigón (25 °C)	0.93
Plomo, rugoso (40 °C)	0.43
Plomo, oxidado (40 °C)	0.43
Plomo, gris, oxidado (40 °C)	0.28
Cromo (40 °C)	0.08
Cromo, pulido (150 °C)	0.06
Hielo, liso (0 °C)	0.97
Hierro, esmerilado (20 °C)	0.24
Hierro, decapado (100 °C)	0.80
Hierro, laminado (20 °C)	0.77
Yeso (20 °C)	0.90
Cristal (90 °C)	0.94
Granito (20 °C)	0.45

Material (temperatura del material)	Emisividad
Caucho, duro (23 °C)	0.94
Caucho, blando, gris (23 °C)	0.89
Hierro fundido, oxidado (200 °C)	0.64
Madera (70 °C)	0.94
Corcho (20 °C)	0.70
Radiador, negro, anodizado (50 °C)	0.98
Cobre, deslustrado (20 °C)	0.04
Cobre, oxidado (130 °C)	0.76
Cobre, pulido (40 °C)	0.03
Cobre, enrollado (40 °C)	0.64
Plásticos: PE, PP, PVC (20 °C)	0.94
Pintura, azul en lámina de aluminio (40 °C)	0.78
Pintura, negra, mate (80 °C)	0.97
Pintura, amarilla, 2 capas en lámina de aluminio (40 °C)	0.79
Pintura, blanca (90 °C)	0.95
Mármol, blanco (40 °C)	0.95
Ladrillo (40 °C)	0.93
Latón, oxidado (200 °C)	0.61
Pinturas al óleo (cualquier color) (90 °C)	0.92 a 0.96
Papel (20 °C)	0.97
Porcelana (20 °C)	0.92
Arenisca (40 °C)	0.67
Acero, galvanizado (200 °C)	0.52
Acero, oxidado (200 °C)	0.79
Acero, estirado en frío (93 °C)	0.75 a 0.85
Arcilla, cocida (70 °C)	0.91
Pintura de transformador (70 °C)	0.94
Ladrillo, mortero, cal (20 °C)	0.93
Zinc, oxidado	0.1



3.3 Testo recomienda...

Calibrar su cámara termográfica

Instrumentos Testo S.A. recomienda la calibración periódica de su cámara termográfica. El intervalo lo determina su tarea y requisitos de medición.

Puede encontrar más información acerca de la calibración de su cámara termográfica en www.testo.com.

Cursos de formación en termografía

Para estar siempre informado de los últimos avances, requisito indispensable para cumplir con las demandas de las más complejas tareas de medición y el aumento progresivo de las obligaciones de calidad. Testo le ofrece cursos de formación en termografía para un amplio rango de áreas de aplicación.

Puede encontrar más información acerca de los cursos y seminarios en www.testo.com.

Más información en:
www.testo.com/testo880

Notas

¿Sabía que...?

Gracias a su habilidad de percibir la radiación de calor, la serpiente de cascabel percibe a sus presas o sus enemigos al instante, incluso en la oscuridad.

La serpiente de cascabel, una subespecie de víbora, puede percibir las diferencias de temperatura más pequeñas hasta 0,0003 °C muy rápidamente, gracias a los orificios termosensibles a ambos lados de la cara. Estos órganos permiten a la serpiente de cascabel ver imágenes muy similares a las que se pueden tomar con las modernas cámaras termográficas...





Encontrará todos los datos referentes a nuestras filiales y representantes en **www.testo.com**

0985 7324/san/R/Q/09.2008