

ARTICULO

Principios básicos: Introducción a la termografía. Parte I

Contenido

1. Temperatura	4
2. Principios de transferencia de calor	4
2.1. Conducción	4
2.2. Convección	5
2.3. Radiación	5
3. Emisividad	6
4. Reflexión.....	6
5. Transmisión	6
6. Ley de la conservación de la energía de la radiación según Kirchhoff	7
7. Correlación entre emisión y reflexión	7
8. Termografía	7
9. ¿Cómo afecta la emisividad en las cámaras termográficas?.....	8
10. ¿Cómo afecta el factor meteorológico al momento de realizar una medición?	10
10.1. Nubosidad.....	10
10.2. Precipitaciones.....	10
10.3. El sol	10
10.4. El aire.....	10
10.5. Luz.....	11
11. Bibliografía.....	12

Tabla de contenido

Tabla 1 Escala de temperatura y equivalencias -----	4
Tabla 2 Emisividad de los materiales -----	9

Figuras

Figura 1 Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección.-----	5
--	---

1. Temperatura

Existen dos escalas de temperatura comunes en las industrias, Ellas son grados Fahrenheit (°F) y Celsius (°C). Es muy frecuente que se necesite obtener valores equivalentes de una escala a la otra. Ambas usan el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a 1 atmosfera de presión como patrones. Las temperaturas también expresas en grados K absolutos o grados Rankine (°R) en vez de °C o °F.

La diferencia entre el punto de ebullición del agua y el punto de fusión del hielo a 1 atm es 100°C o 180°F. Por lo tanto, un cambio de 1.8 °F es igual a un cambio de 1°C. (Geankoplis, 1998)

Tabla 1 Escala de temperatura y equivalencias

	<i>Centigrada</i>	<i>Fahrenheit</i>	<i>Kelvin</i>	<i>Rankine</i>	<i>Celsius</i>
Agua en ebullición	100 °C	212 °F	373.15 K	671.7 °R	100 °C
Fusión del hielo	0 °C	32 °F	273.15 K	491.7 °R	0 °C
Cero absoluto	-273.15 °C	-459.7 °F	OK	0 °R	-273.15 °C

2. Principios de transferencia de calor

Existen 3 tipos de transferencias de calor: Conducción, convección y radiación.

2.1. Conducción

La transferencia de calor por conducción es un proceso de difusión, en donde la energía térmica se transfiere de un extremo caliente de un medio (usualmente solido) a su extremo frio por medio de un intercambio de energía intermolecular. El modelado del proceso de conducción de calor requiere que se aplique la termodinámica de la conservación de la energía junto con la ley de conducción de calor de Fourier.

Si bien la conducción también ocurre en líquidos y gases, en fluidos es poco común que sea un mecanismo de transporte dominante, una vez que el calor comienza a fluir en un fluido, incluso si no se aplica una fuerza externa, se establecen los gradientes de densidad y se ponen en movimiento corrientes convectivas. En la convección, la energía térmica es por tanto transportada en una escala macroscópica así como en una escala microscópica y las corrientes de convección por lo general son más efectivas para transportar calor que la conducción sola, donde el movimiento está limitado al transporte microscópico de energía. (Franklin Kreith, 2012)

2.2. Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia. (Cengel, 2007)

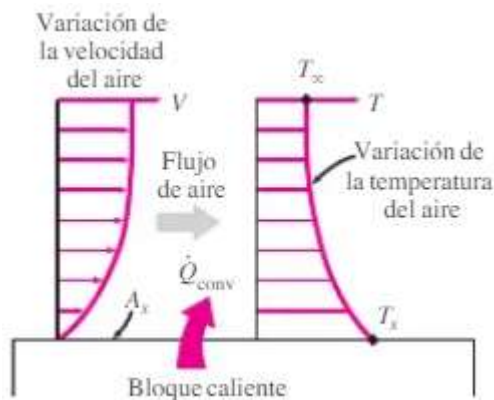


Figura 1 Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección.

2.3. Radiación

(Cengel, 2007) La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas o fotones como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida a la velocidad de la luz y no sufre atenuación en un vacío. Esta es la manera en la que la energía del sol llega a la tierra.

En los estudios de transferencia de calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura, es diferente de las otras formas de radiación, como los rayos x y de televisión, que no están relacionadas con la temperatura. Todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica.

La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la

radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuentas micras hacia adentro de dichos sólidos.

La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la ley de Stefan Boltzman.

La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por este es la radiación del cuerpo negro. (Cengel, 2007)

3. Emisividad

La emisividad cuyo valor esta en intervalo 0 a 1, es una medida de cuan próxima esta una superficie de ser un cuerpo negro, para el cual $E=1$.

Otra importante propiedad relativa a la radiación de una superficie es su absorptividad, la cual es la fracción de la energía de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por esta. Como la emisividad, su valor está en el intervalo 0 a 1. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente sobre él. Es decir, un cuerpo negro es absorbente perfecto del mismo modo que es un emisor perfecto. (Cengel, 2007)

4. Reflexión

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

5. Transmisión

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

La transmisividad (τ) depende del tipo de grosor del material, la mayoría de los materiales son no transmisivos, es decir, impermeables a la radiación infrarroja o de onda larga.

6. Ley de la conservación de la energía de la radiación según Kirchhoff

La radiación infrarroja registrada por la cámara termografica es la suma de:

La radiación emitida por el objeto medido, la reflexión de la radiación ambiente y la transmisión de la radiación del objeto medido.

7. Correlación entre emisión y reflexión

Los objetos de medición de emisividad elevada >0.8 , presentan una baja reflectividad y se puede medir su temperatura muy fácilmente con la cámara termografica.

Los objetos de medición con emisividad media entre 0.6 y 0.8, presentan una reflectividad media y se puede medir su temperatura fácilmente con la cámara termografica.

Los objetos de baja emisividad >0.6 , presentan una elevada reflectividad y su temperatura medida tendrá que ser valorada muy cuidadosamente.

8. Termografía

Cualquier objeto cuya temperatura sea superior al cero absoluto, emite radiación infrarroja, invisible al ojo humano.

Tal y como demostraron los físicos (Boltzmann, 1884) existe una correlación entre la temperatura de un cuerpo y la intensidad de la radiación infrarroja que emite. Una cámara termografica mide la radiación infrarroja de onda larga captada en su campo de visión y calcula a partir de esta la temperatura del objeto. 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 termografica, cada pixel del detector representa un punto de temperatura que aparece en la pantalla como imagen de color simulada.

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

9. ¿Cómo afecta la emisividad en las cámaras termograficas?

Sabemos que la radiación que emite un cuerpo no es igual a la misma que recibe de su entorno, ya que existen diferentes factores que van a alterar su temperatura. Si esta diferencia no existiera, es decir, si un objeto fuera capaz de irradiar exactamente la misma energía que recibe de su entorno, estaríamos ante lo que se conoce como “Cuerpo Negro”, y en dicho caso diríamos que su emisividad es 1.

Sin embargo, existen diferentes factores que van a afectar este proceso en los diferentes cuerpos y superficies, por lo que debemos determinar la emisividad para cada cuerpo o superficie, la que puede tener un valor mínimo de 0 y máximo de 1.

Si utilizamos una cámara termografica para ver una mano con un anillo, vera la diferencia en la imagen termografica. El anillo parece ser mucho más frio que la mano, sin embargo ambos tienen en realidad una temperatura similar, por lo tanto, aunque los dos objetos tienen la misma temperatura, irradian cantidades diferentes de energía infrarroja

La mayoría de las cámaras infrarrojas tiene la habilidad de cambiar la configuración de emisividad, de modo que si conoce el valor de la emisividad del material que esta inspeccionando, puede hacer un ajuste en la cámara para aproximarse a la temperatura real de la superficie. Sin embargo, si la emisividad del material es inferior a 0.60, no obtendrá una lectura precisa de la temperatura mediante tecnología infrarroja e incluso si es más alta.

Tabla 2 Emisividad de los materiales

Valores de emisividad de materiales comunes	
<i>Material</i>	
<i>Emisividad*</i>	
Aluminio, pulido	0,05
Aluminio, superficie rugosa	0,07
Aluminio, muy oxidado	0,25
Placa de amianto	0,96
Tela de amianto	0,78
Papel de amianto	0,94
Pizarra de amianto	0,96
Latón, mate, deslustrado	0,22
Latón, pulido	0,03
Ladrillo, común	0,85
Ladrillo, vidriado, basto	0,85
Ladrillo, refractario, basto	0,94
Bronce, poroso, basto	0,55
Bronce, pulido	0,1
Carbono, purificado	0,8
Hierro fundido, fundición esbozada	0,81
Hierro fundido, pulido	0,21
Carbón, en polvo	0,96
Cromo, pulido	0,1
Arcilla, cocida	0,91
Hormigón	0,54
Cobre, pulido,	0,01
Cobre, bruñido comercial	0,07
Cobre, oxidado	0,65
Cobre, negro oxidado	0,88
Cinta aislante, plástico negro	0,95
Esmalte **	0,9
Formica	0,93
Terreno congelado	0,93
Vidrio	0,92
Vidrio, escarchado	0,96
Oro, pulido	0,02
Hielo	0,97
Hierro, laminado en caliente	0,77
Hierro, oxidado	0,74
Hierro, chapa galvanizada, bruñido	0,23
Hierro, chapa, galvanizado, oxidado	0,28
Hierro, brillante, grabado	0,16

10. ¿Cómo afecta el factor meteorológico al momento de realizar una medición?

10.1. Nubosidad

En un día nublado se dan condiciones ideales para la medición en exteriores, puesto que la capa de nubes apantalla los objetos de los rayos del sol y la radiación celestial fría.

10.2. Precipitaciones

Una fuerte precipitación (lluvia) puede distorsionar el resultado de la medición. El agua y el hielo o la nieve tienen una elevada emisividad y por tanto no dejan pasar la radiación infrarroja.

La medición en objetos mojados da lugar a resultados erróneos.

10.3. El sol

Si el cielo está despejado, se reflejarán durante el día la radiación celestial fría (-50...-60°C) y la radiación solar cálida (5500°C). El área del cielo supera en mucho a la del sol, por lo que la temperatura reflejada en la termografía en exteriores normalmente está por debajo de 0 °C, incluso en un día soleado. Los objetos almacenan calor como resultado de la absorción de los rayos del sol, lo que afecta de sobremanera a la temperatura de sus superficies, en algunos casos durante horas tras la exposición al sol.

10.4. El aire

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

Las corrientes de aire en interiores afectan a la medición de temperatura con la cámara termográfica, como resultado del intercambio de calor por convección, el aire cercano a la superficie tiene la misma temperatura del objeto medido. Si hay corriente de aire, esta capa desaparece sustituida por otra capa cuya temperatura todavía no se ha adaptado a la del objeto.

La polución es un factor importante, como el polvo, hollín, humo o materiales suspendidos en el aire, ya que tienen elevada emisividad y apenas permiten la transmisión. Esto puede distorsionar la medición, puesto que emiten su propia radiación infrarroja que se recibe en la cámara termográfica.

10.5. Luz

La luz y la iluminación no afectan prácticamente a la medición, se puede medir en la oscuridad, sin embargo, algunas fuentes de luz emiten por si mismas una radiación térmica infrarroja y pueden influir en la temperatura de los objetos en su entorno.

11. Bibliografía

Boltzmann, J. S. (1884). *RADIACION INFRARROJA*.

Cengel, J. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: 4ta edicion.

Franklin Kreith, R. M. (2012). *TRANSFERENCIA DE CALOR*. Mexico D.F.: 7ma Edicion.

Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones Unitarias*. Mexico: 3era edicion.



3-3433818



Av. Beni, C/ Mururé, 2055.
Santa Cruz, Bolivia.

