

Termografía Infrarroja aplicada al Mantenimiento Industrial

Módulo 4: Principios de la Termografía Infrarroja (Parte 2)

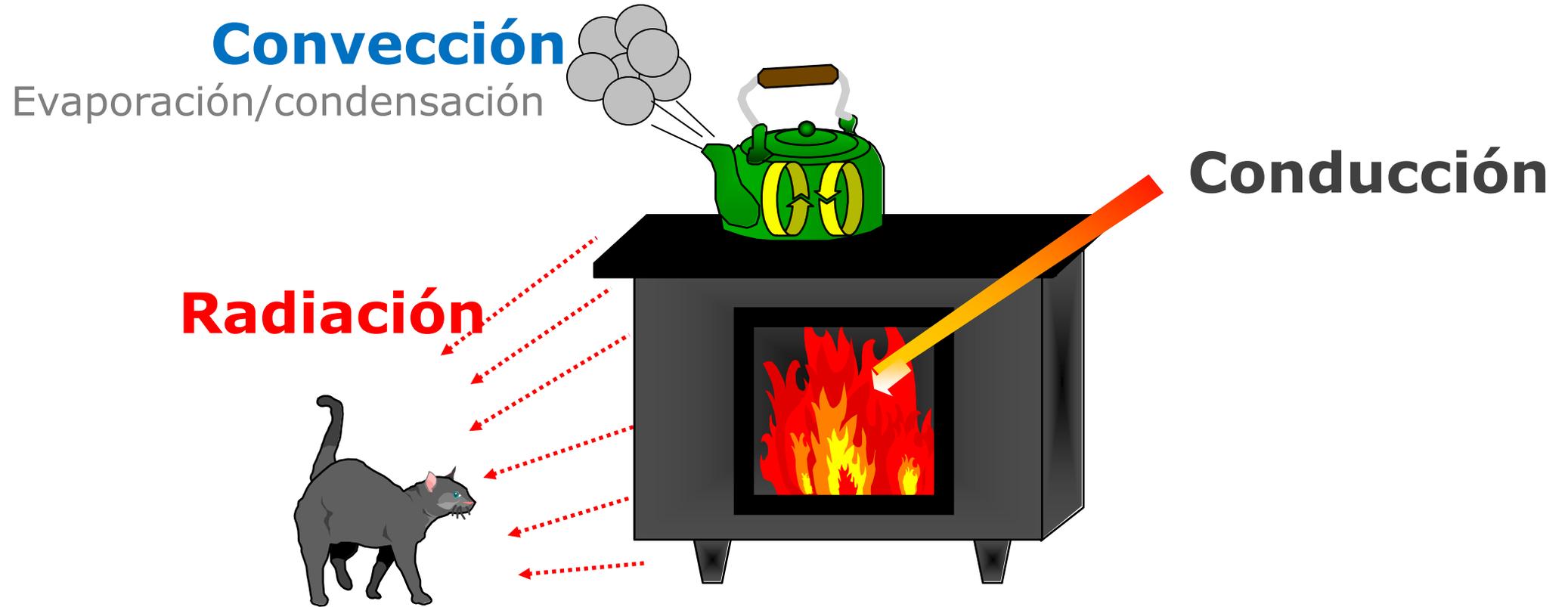
Instructor: Ing. Raúl González Pérez

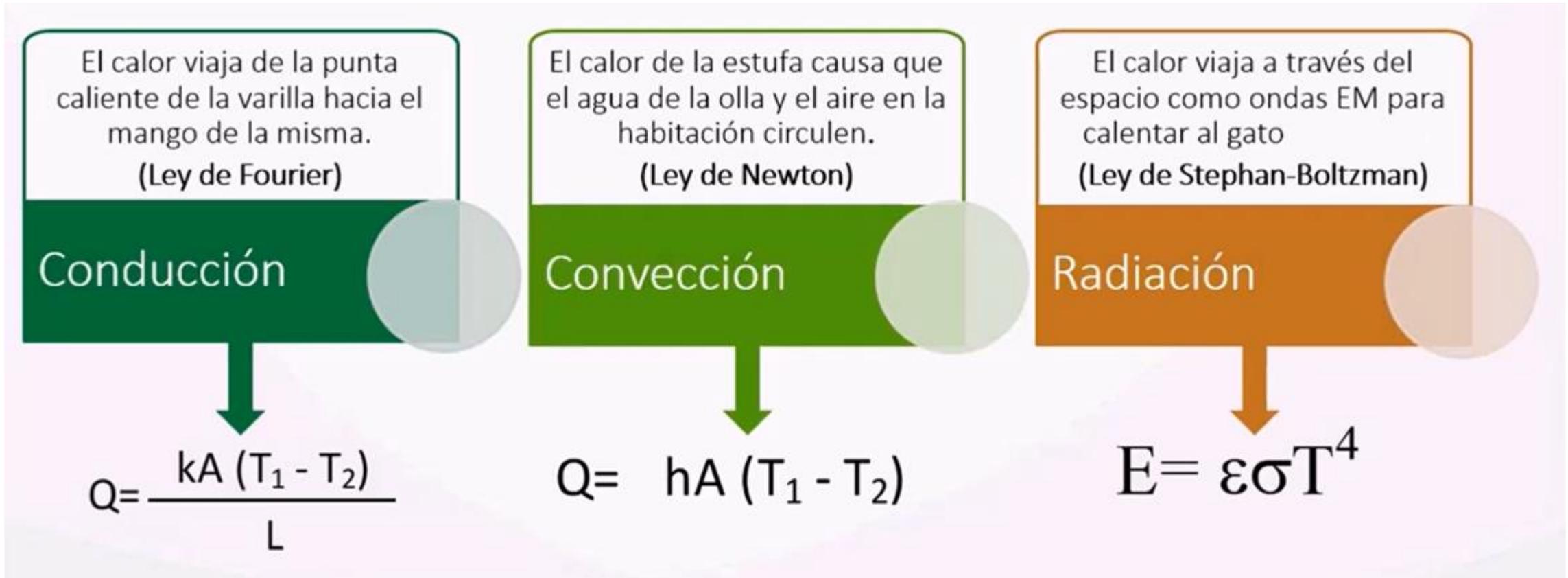
Celular: +593 99 238 4129

Email: raul.glez@spi2.com.ec

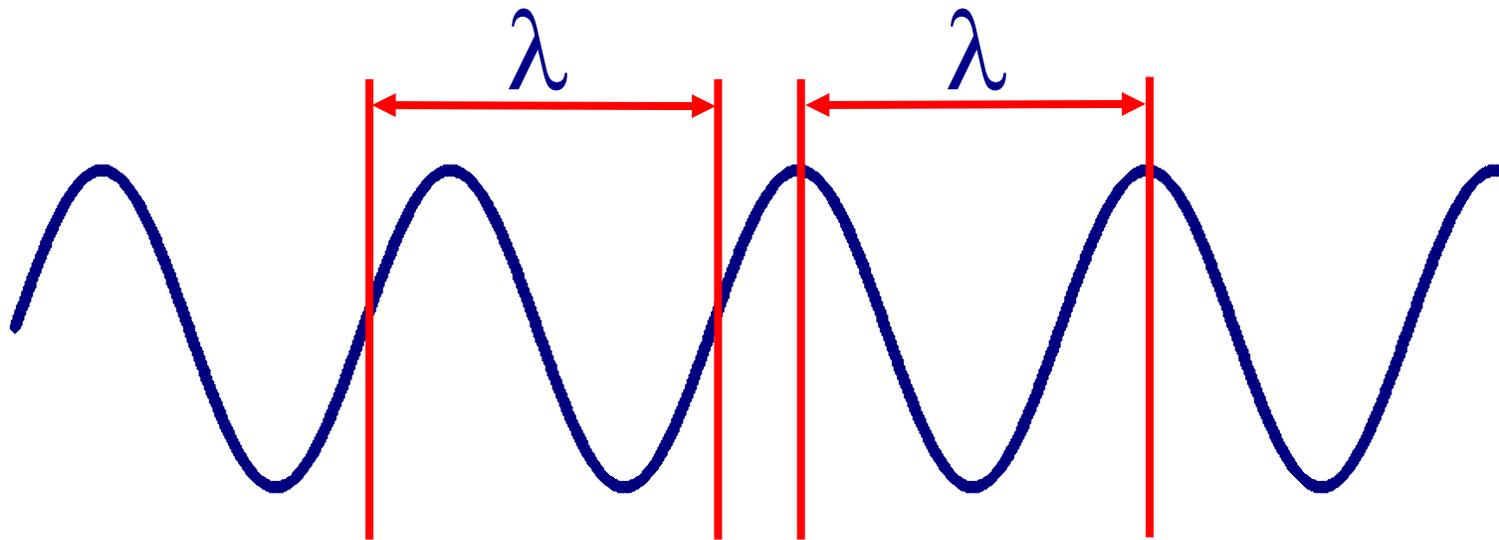
- Comprender para qué utilizamos las diferentes longitudes de onda, y en qué zona del espectro se localiza la radiación infrarroja
- Entender la influencia de la transmisión y atenuación atmosférica a la hora de realizar las mediciones.
- Conocer e interpretar la **Ley Stefan –Boltzmann**
- Conocer la emisividad y los factores que la afectan.
- Comprender los distintos modos de intercambio de energía por radiación y su comportamiento en la vida real

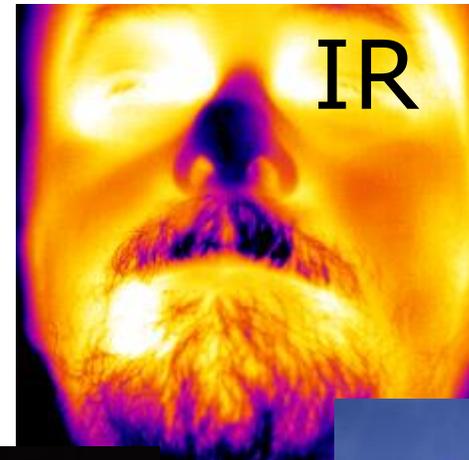
- 1) **Espectro electromagnético.**
- 2) **Transmisión y atenuación atmosférica.**
- 3) **Bandas de ondas IR**
- 4) **Ley Stefan –Boltzmann**
- 5) **Emisividad**
- 6) **Determinación de la emisividad**
- 7) **Factores que afectan la emisividad.**
- 8) **Modos de Intercambio de energía por radiación:**
 - 1) **Emisión**
 - 2) **Absorción**
 - 3) **Reflexión**
 - 4) **Transmisión.**





- Las ondas electromagnéticas se caracterizan generalmente por su longitud de onda, λ (lambda) distancia entre dos picos o cresta de la onda.
- La unidad más común en IR (infrarrojo) es el μm , micrómetro ó micra ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 1/1000 \text{ mm}$)





Luz visible

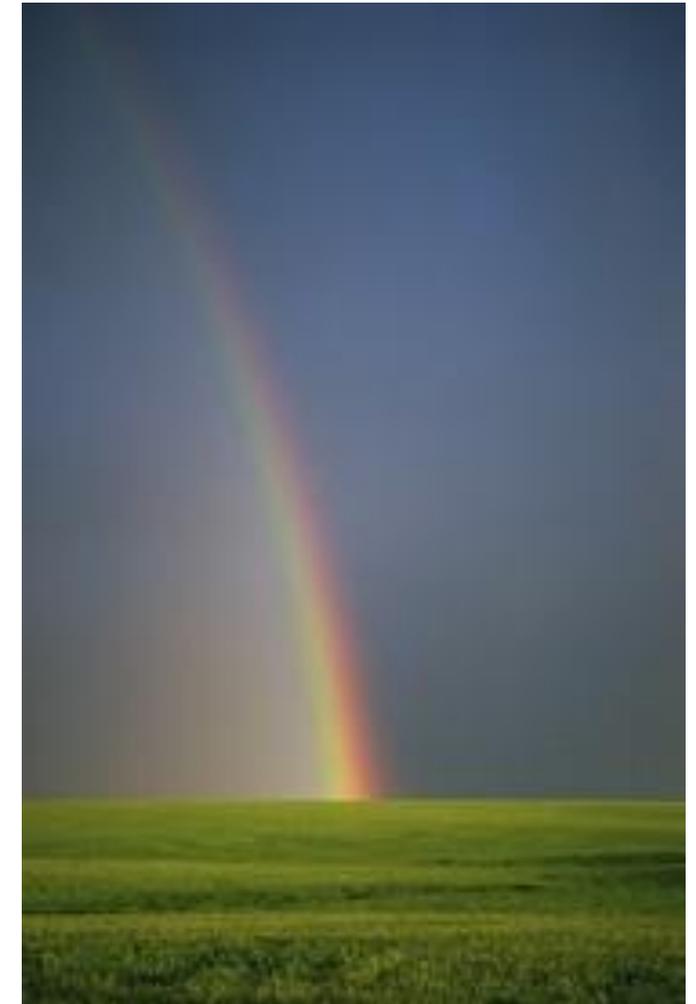
- La luz blanca visible es una mezcla de longitudes de ondas.
- Las diferentes longitudes de onda son vistas por el ojo como colores desde:



0.42 μm (violeta)

hasta

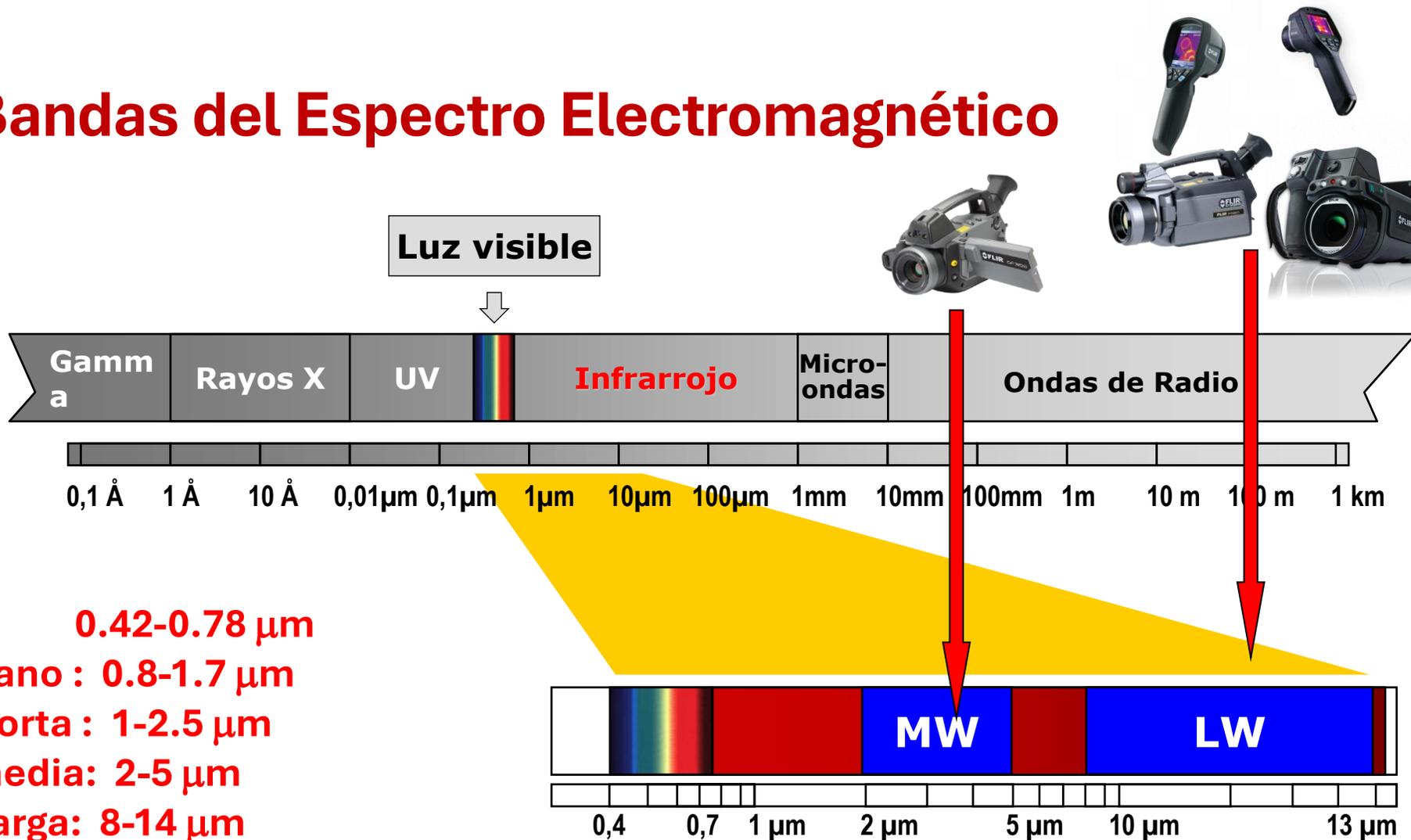
0.78 μm (rojo)



Radiación térmica en el espectro electromagnético

Transferencia de calor por emisión y absorción de radiación
ocurre en una parte del ultravioleta, a través de toda la visible y
en la infrarroja

Bandas del Espectro Electromagnético

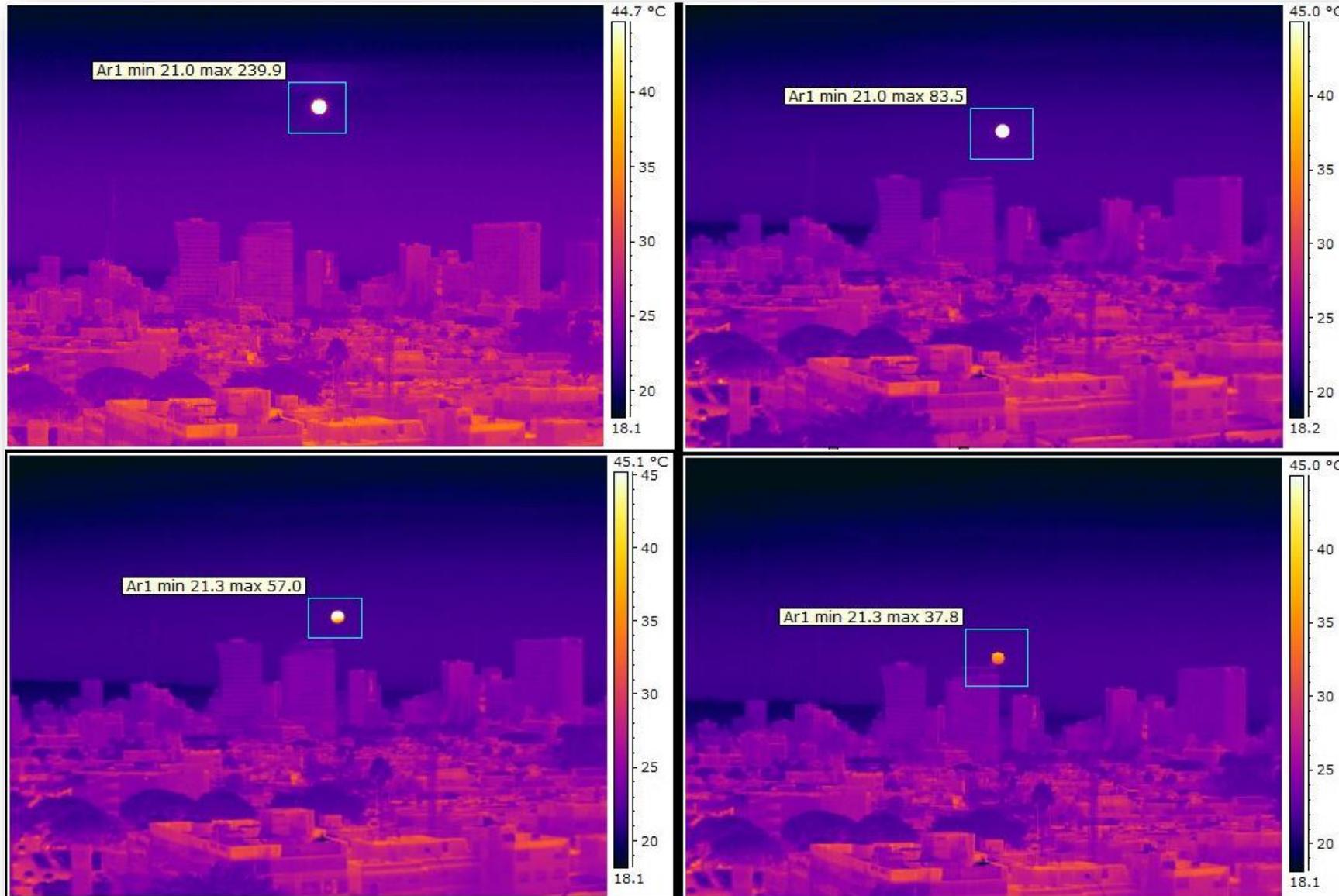


- Cuanto más caliente sea el objeto, más amplia será la banda de longitudes de onda que se emitirán.
- Cuando un objeto se calienta mucho (por ejemplo, 550°C), incluso "veremos" el calor como un resplandor rojo oscuro.
- A temperaturas más altas (1315°C) el objeto se volverá blanco



- Cuanto más largo sea el recorrido de la radiación, menos radiación llegará a la cámara,
- La atenuación será causada por vapor de agua y otros gases, o gotitas de varias partículas como polvo, granizo, nieve o cristales de hielo en la atmósfera.
- Las moléculas de gas absorben la radiación y las partículas dispersan la radiación.

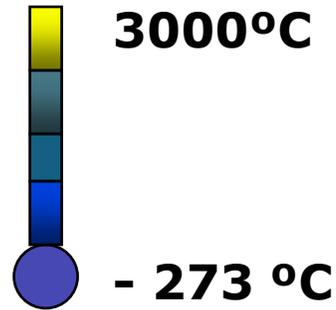
Transmisión y atenuación atmosférica



Factores que influyen en la atenuación atmosférica

Siempre que se utiliza un equipo termográfico para mirar un objetivo, la radiación del objetivo debe pasar una distancia determinada a través de la atmósfera, y la atenuación depende de factores en la atmósfera, como:

- La distancia que debe viajar y la longitud de onda.
- La humedad relativa también

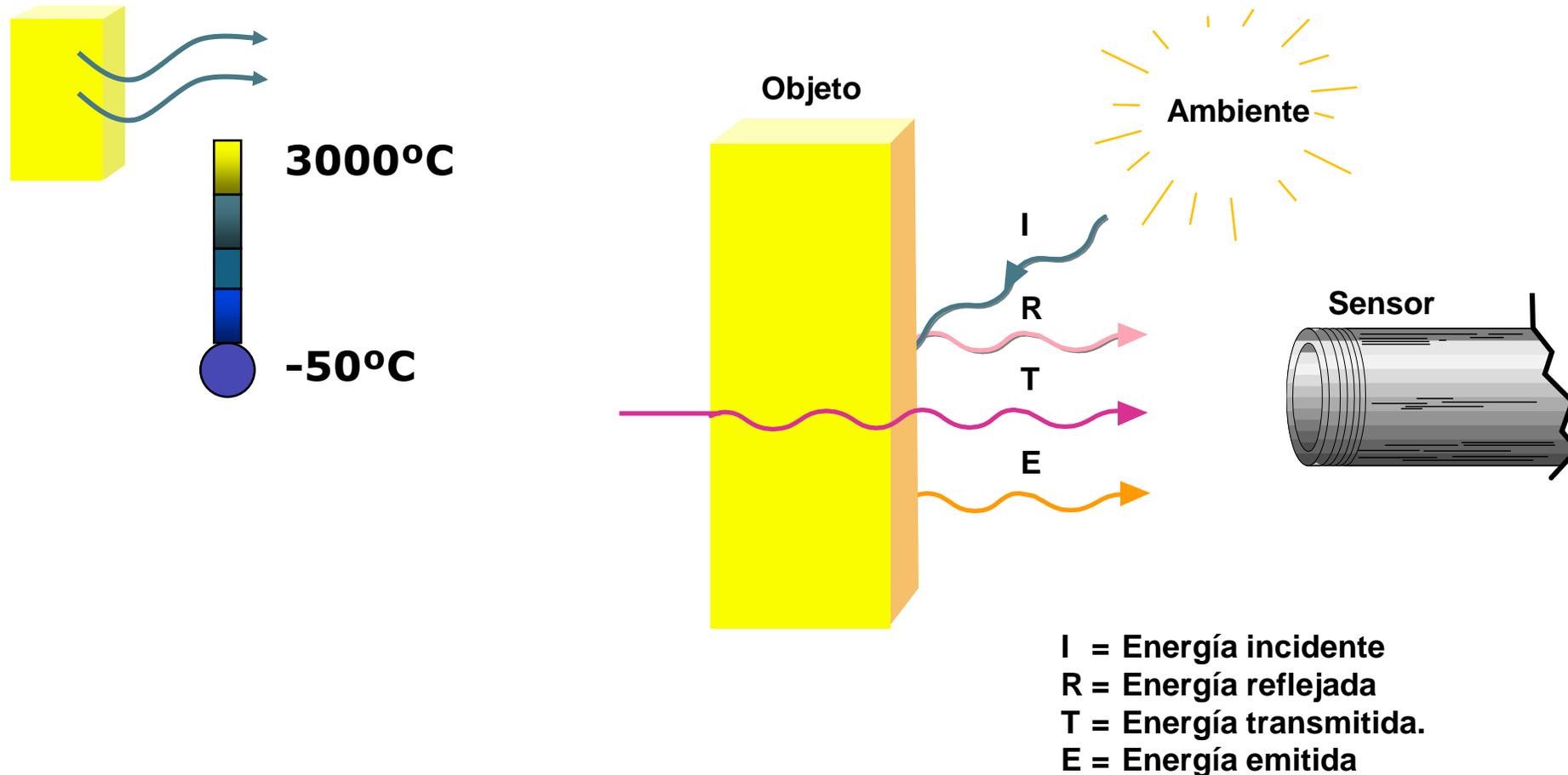


- La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica.
- Todo cuerpo sobre el cero absoluto (- 273 °C) emite una radiación en la zona del infrarrojo, hasta el propio hielo.
- Cuanto más caliente esté el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá.



La radiación infrarroja es naturalmente emitida por los cuerpos, en función de su temperatura

Reflectividad, Transmisividad y Emisividad



Cuando realizamos una medición, debemos comprender que la radiación puede provenir de tres fuentes:

- Puede ser **emitida** por el objetivo,
- Puede ser **reflejada** por el objetivo desde otra fuente,
- Puede ser **transmitida** a través del objetivo desde otra fuente.

Emisividad es la capacidad que un cuerpo tiene para emitir su propia energía en forma de radiación, a una temperatura y a una longitud de onda dada.

La emisividad varía entre 0 y 1.

1: absorbente y emisor perfecto, cuerpo negro.

0: significa que no se emite ni absorbe nada.

0.01 y 0.99 Superficies naturales

Los aislantes térmicos y eléctricos son excelentes emisores.

La medida no es ningún problema.

Los metales son malos emisores. A menos que se encuentren muy oxidados, la emisividad raramente es mayor de 0.25.

Maderas
Plástico
Terreno
Papel
Superficies pintadas
Materiales de construcción

Goma
PVC
Porcelana
Hormigón

OK

Cobre
Hierro
Cromo
Zinc
Aluminio

Acero
Bronce
Níquel
Plomo

NO OK

Tabla de la emisividad de los materiales comunes

Material	Emisividad	Material	Emisividad
Hoja comercial de aluminio	0.09	Cemento	0.54
Papel de aluminio	0.04	Cobre galvanizado	0.03
Aluminio muy oxidado	0.2 - 0.31	Cobre cubierto con una gruesa capa de óxido	0.78
Aluminio anodizado	0.77	Cobre pulido	0.02 - 0.05
Laca negra sobre hierro	0.875	Vidrio liso	0.92 - 0.94
Pintura epoxi negra	0.89	Hierro pulido	0.124 - 0.38
Pintura de esmalte negro	0.80	Hierro, chapa oxidada de color rojo	0.61
Placa de latón mate	0.22	Hierro, superficie gris oscuro	0.31
Latón pulido	0.03	Plomo oxidado	0.43
Ladrillo rojo rugoso	0.93	Acero dulce	0.20 - 0.32
Carbón, no oxidado	0.81	Pinturas al óleo, todos los colores	0.92 - 0.96
Hierro fundido, recién torneado	0.44	Papel	0.93

Tabla de la emisividad de los materiales comunes

Material	Emisividad	Material	Emisividad
Placa de yeso	0.91	Acero inoxidable, pulido	0.075
Plásticos	0.90 - 0.97	Acero Galvanizado Antiguo	0.88
Pyrex	0.92	Acero galvanizado Nuevo	0.23
PVC	0.91 - 0.93	Estaño no oxidado	0.04
Papel para tejados	0.91	Agua (0 - 100°C)	0.95 - 0.96
Goma, espuma	0.90	Plancha de madera, maquinada	0.93
Goma, placa dura y brillante	0.94	Roble de madera, maquinado	0.88
Nieve	0.96 - 0.98	Madera, pino	0.95
Acero oxidado	0.79	Hierro forjado	0.94
Acero pulido	0.07	Zincado	0.25
Acero inoxidable, desgastado	0.85	Zinc pulido	0.045

- **Emisividad alta:**

- La temperatura aparente es más cercana a la temperatura real del cuerpo
- Puedes confiar en lo que ves...

- **Baja emisividad:**

- La temperatura aparente es más cercana a la temperatura aparente de los objetos del entorno
- ¡No puedes confiar en lo que ves!

La emisividad cambia según:

- Material (alta en No metales, baja en metales)
- El grado de oxidación del metal.
- Rugosidad superficial
- Geometría o Forma de la superficie (cavidades)
- Temperatura (en metales tiende a aumentar con el incremento de la temperatura, en no metales tiende a disminuir)
- Angulo visión (la del agua (0.95) cambia con el ángulo) tratar de medir siempre a 45° y no a 0°

Efecto de la Emisividad

“Muy importante - El color no es un factor de emisividad y no cambia la forma en que una superficie refleja y absorbe la radiación infrarroja, por lo tanto el color no tendrá ningún efecto sobre la emisividad...”



Cuerpo Negro

Se define como un objeto ideal que **absorbe toda** la radiación incidente sobre él, **emitiendo la máxima** cantidad de radiación, cuya emisividad es igual a la Unidad.

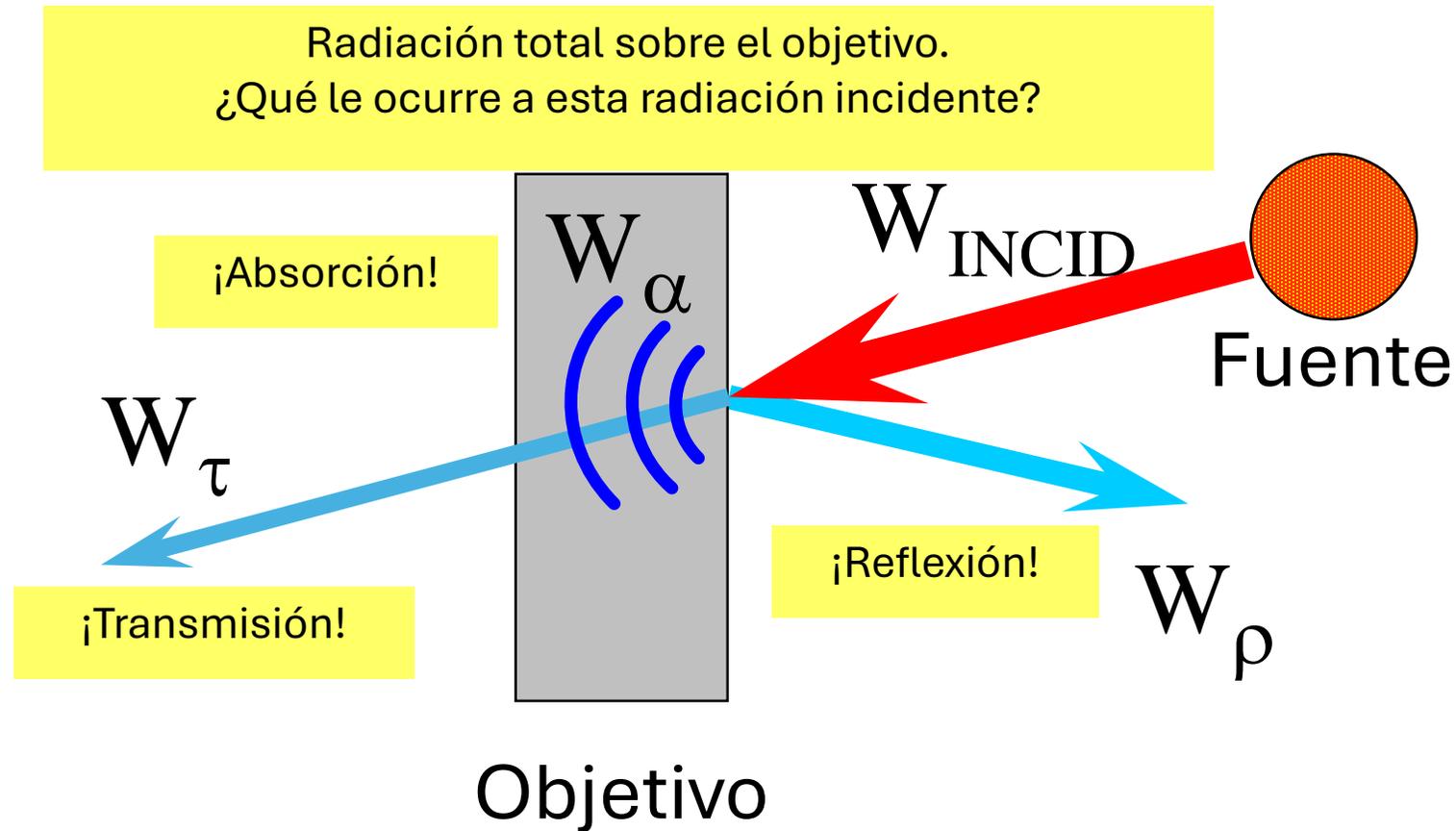
- Para un cuerpo real, la emisividad es menor que 1. Por lo tanto, la radiación emitida será menor de lo que sería para un cuerpo negro ideal.
- Cuanto menor sea la emisividad, menor será la radiación emitida para la misma temperatura.
- Debe configurar la emisividad en su cámara para proporcionar una lectura de temperatura más precisa.
- Cuando un objeto es bueno para absorber la radiación incidente, también será bueno para emitir su propia energía como radiación.
- Cuando un objeto es pobre en la absorción de radiación incidente, también será pobre en la emisión de su propia energía como radiación.
- Un mal absorbente es, de hecho, un buen reflector; por lo tanto, un buen reflector también será un mal emisor.

- La radiación infrarroja de una fuente puede hacer una o más de tres cosas:
 1. Puede ser absorbida por el objeto, que ganará energía térmica.
 2. Se puede transmitir a través del objetivo sin pérdida de energía térmica.
 3. Se puede reflejar en el objetivo sin pérdida térmica para el objetivo.
- Uno, dos o los tres pueden ocurrir dependiendo del ángulo de incidencia y las propiedades del material del objetivo.

Modos de intercambio de energía de calor por radiación

Modo de intercambio de energía	Letra Griega	Explicación
Emisión	epsilon (ϵ)	La capacidad de “emitir” o de desprender energía
Absorción	alfa (α)	La capacidad de “absorber” o retener energía
Reflexión	rho (ρ)	La capacidad de “reflejar” o rebotar la energía
Transmisión	tau (τ)	La capacidad de “transmitir” o pasar la energía

La radiación incidente es toda la radiación que llega a un cuerpo procedente de su entorno (de sus alrededores).



- De la radiación total incidente sobre el objetivo, una cierta proporción será:
 - Absorbida
 - Reflejada
 - Transmitida
- Por tanto: $W_{\alpha} + W_{\rho} + W_{\tau} = W_{\text{INCID}} = 100\%$

¿Cómo sabemos la proporción de radiación incidente que es:

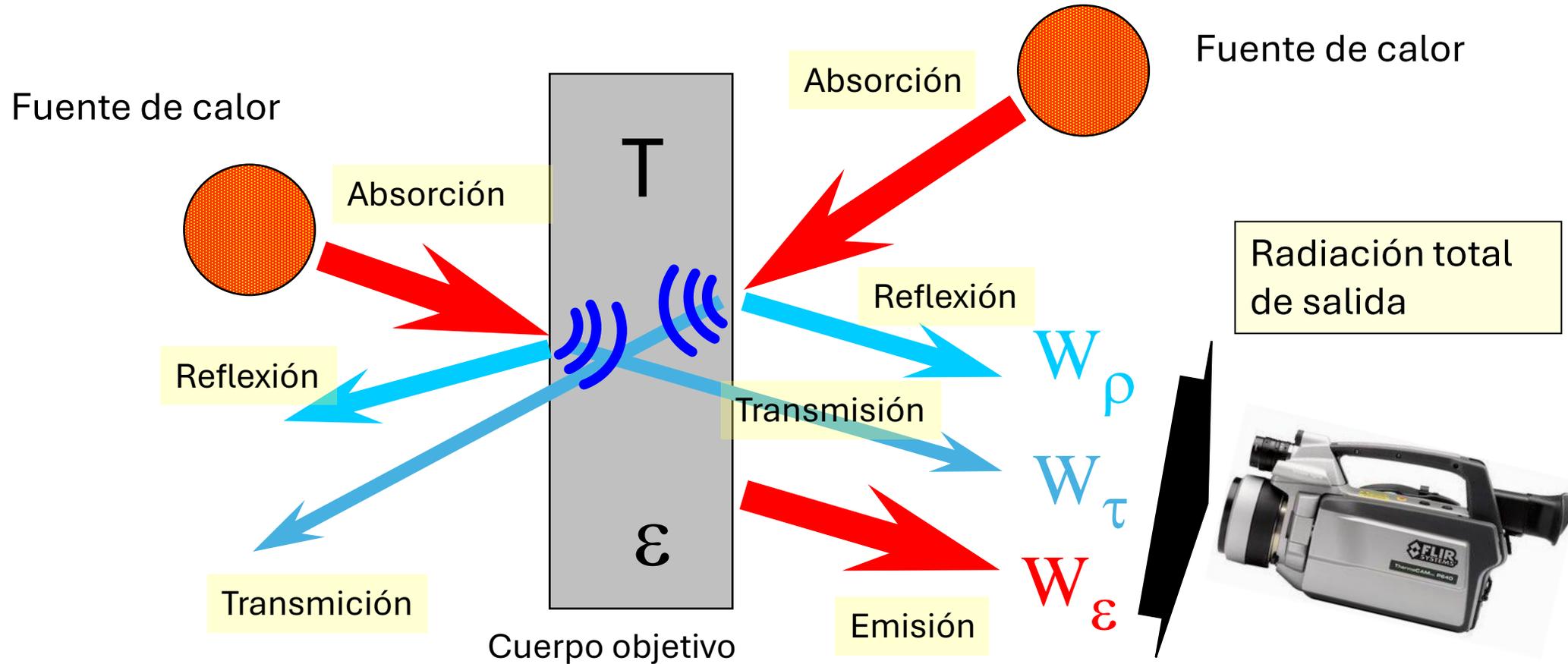
- ¿Absorbida?
- ¿Reflejada?
- ¿Transmitida?

¡Esto depende de las propiedades del cuerpo!

- **Un cuerpo tiene cierta capacidad o habilidad para:**
 - Absorber – llamada absorptividad, α (alpha)
 - Reflejar – llamada reflectividad, ρ (rho)
 - Transmitir – llamada transmisividad, τ (tau) – Si es transparente.
- **La suma de las tres será siempre igual a 1**
- Expresado matemáticamente:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

- La radiación saliente es toda la radiación que abandona la superficie de un cuerpo, independientemente de su fuente(s) original(es)
- Además de la radiación emitida por el propio cuerpo, tenemos la energía reflejada y la transmitida desde otras fuentes



¡Las tres vienen de fuentes diferentes!

- De la radiación total saliente de un cuerpo, una cierta proporción será:
 - Emitida, desde el propio cuerpo
 - Reflejada, desde una fuente situada al frente del cuerpo
 - Transmitida, desde una fuente situada detrás del cuerpo
- Por tanto: $W_{\varepsilon} + W_{\rho} + W_{\tau} = W_{\text{SALIENTE}} = 100\%$

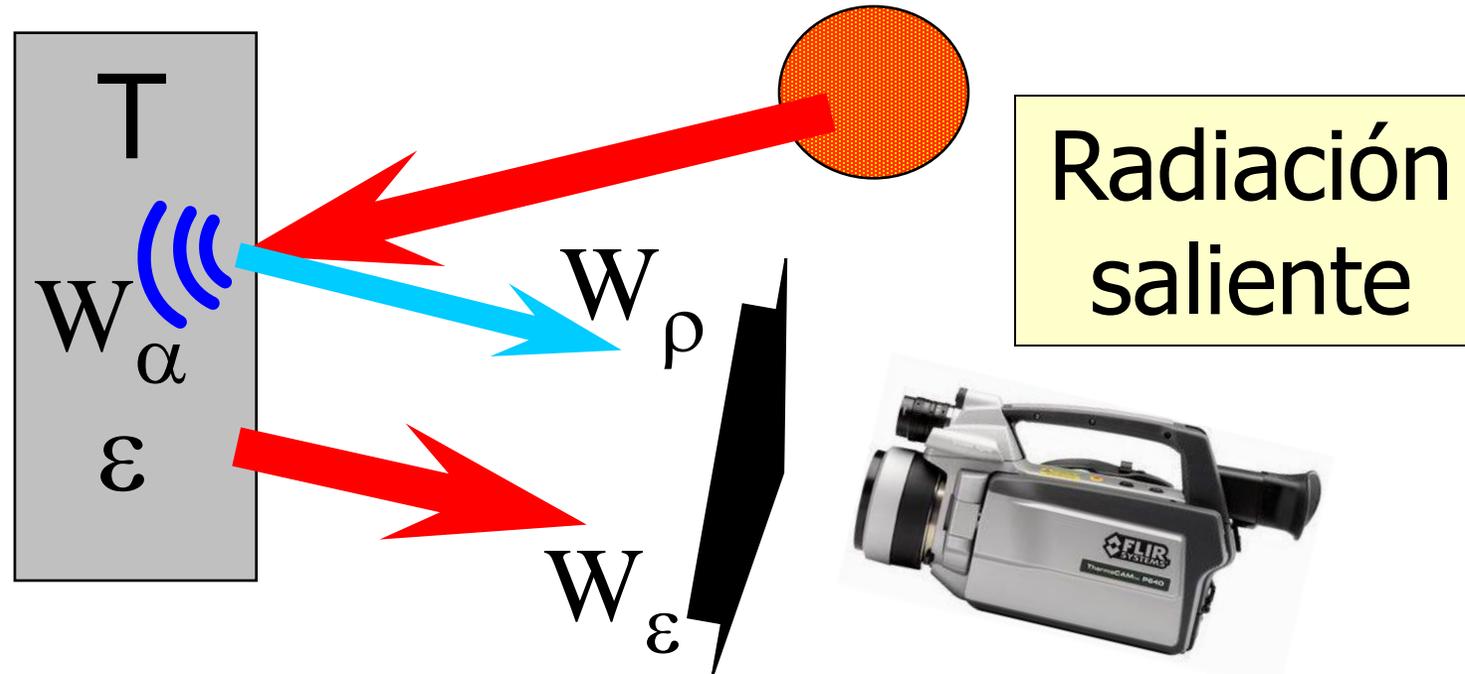
- **Un cuerpo tiene cierta capacidad para:**
 - Emitir – llamada emisividad, ε (epsilon)
 - Reflejar – llamada reflexividad, ρ (rho)
 - Transmitir – llamada transmisividad, τ (tau)
- **La suma de las tres siempre será igual a 1**
- Expresado matemáticamente:

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

- Los cuerpos reales (objeto de nuestro estudio) no son cuerpos negros...
- La mayoría de los sólidos no transmiten, son opacos, esto es: $\tau = 0$
- Cuando estas condiciones se cumplen:

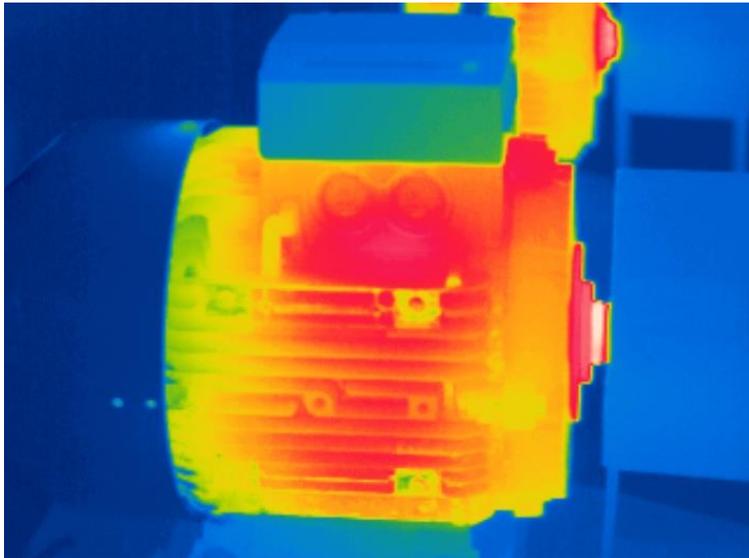
$$\varepsilon + \rho = 1$$

- Los objetos opacos no son cuerpos negros...



- Para cuerpos reales, debemos siempre considerar DOS fuentes de radiación saliente:
 1. La emitida, por el cuerpo mismo
 2. La reflejada, del entorno (de sus alrededores)

$$W_{\varepsilon} + W_{\rho} = W_{\text{SALIENTE}} = 100\%$$



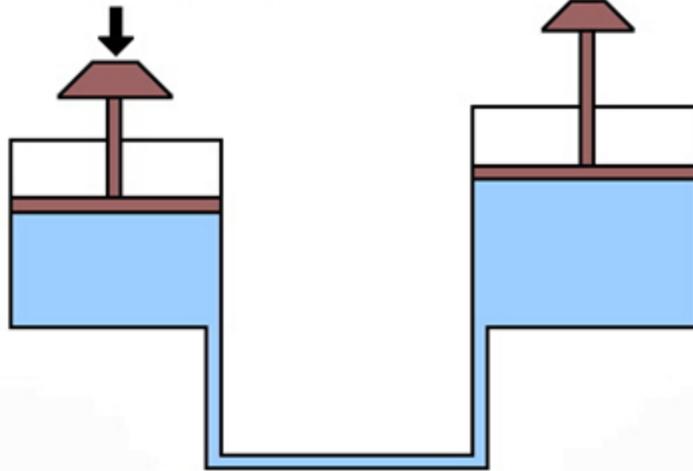
Cuerpo Opaco

W_{ε}

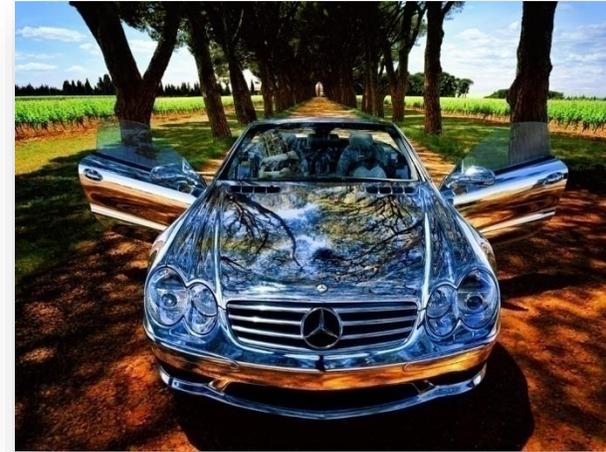
W_{ρ}



Emisividad



Reflectividad



¿CONSULTAS?

MUCHAS GRACIAS