

Ingeniería en Energía



Ingeniería en Energía
 Medio Ambiente 1
 Clase 2
 Transmisión del Calor
 - UNSAM
 Profesores: Diana Mielnicki y Salvador Gil
 A. Graziuso
 www.fisicarecreativa.com
 ECyT - UNSAM

2026

1

Ingeniería en Energía

Energía y Medio Ambiente 1

Clase 2

Transmisión del Calor

ECyT - UNSAM

Docentes: Diana Mielnicki y Salvador Gil
 A. Graziuso
www.fisicarecreativa.com
 ECyT - UNSAM

2026

2

Principios básicos de la Termodinámica

- **Primera Ley:** *La energía se conserva.* La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma
- **Segunda Ley:** *La entropía del universo aumenta.* El calor fluye de los cuerpos **calientes a los más fríos**. Nunca a la inversa



2026

3

Mecanismos de transferencia de Calor

- **Conducción:**
El calor fluye por un medio material
- **Convección:**
El calor fluye por un medio del movimiento del medio material (Fluido)
- **Radiación:**
El calor fluye por medio ondas electromagnéticas

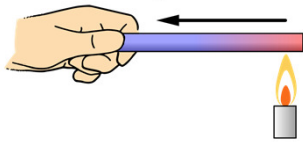
Siempre el calor va del cuerpo caliente al frío

2026

4

Conducción - Características

- **Existe un medio material a través del cual se propaga el calor (barra)**



- **Se transmite el calor sin transporte de materia (no se mueve nada, solo fluye calor)**

2026

5

Convección

- **Existe un medio material fluido a través del cual se propaga el calor**
- **La densidad del medio varía con la temperatura y la gravedad juega un rol importante, sin ella no hay convección.**
- **El calor se transmite con transporte de materia.**

2026

6

Convección

- Medio material fluido (Aire)
- La densidad del medio varía
- El calor con *transporte de materia*.

2026

7

Radiación

- ✓ No es necesario que exista un medio material
- ✓ El calor se transmite sin transporte de materia.
- ✓ El calor es transferido por medio de la radiación electromagnética (radiación infrarroja, microondas, etc.)

8

Radiación

- ✓ Las temperaturas altas irradian más calor que las frías.
- ✓ Los cuerpos negro irradian más que los claros o brillantes.
- ✓ La radiación electromag. pasa por medios transparentes (aire, vidrio, espacio) sin calentarlos significativamente.
- ✓ Ej: la radiación térmica del Sol calienta la Tierra sin calentar el espacio entre estos cuerpos.

9

Transmisión del Calor

3 modos de transferencia de calor

Convección Radiación Conducción

2026

10

Convección - Ejemplo

2026

11

Resumen

2026

12

Ecuación general de la conducción- Ley de Fourier

$$H = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \cdot \frac{(T_H - T_C)}{L}$$

Q : Cantidad de energía (Calor), $H=dQ/dt$: Flujo de calor (W)
k : Coeficiente de cond. Térmica de material (barra) (J/m.s.°C)

El Flujo de calor (H) es proporcional al gradiente de temperatura (dT/dx)

$$H[W] = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

13

Ecuación de conducción Ley de Fourier

$$H(w) = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

$$H = \frac{dQ}{dt} = -\frac{k \cdot A}{l} \cdot (T_c - T_f) = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}}$$

Resistencia Térmica

$$\mathfrak{R}_{ter} = \frac{l}{k \cdot A}$$

$$H = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}}$$

14

Ecuación de conducción Sistemas en serie y Paralelo

Similar a la Ley de Ohm

$$H = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}}$$

$$\mathfrak{R}_{ter} = \frac{l}{k \cdot A}$$

Sistema en serie

$$H = -\frac{(T_2 - T_1)}{\mathfrak{R}_{12}}$$

$$\mathfrak{R}_{12} = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2$$

Sistema en Paralelo

$$\frac{1}{\mathfrak{R}_{12}} = \frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_2}$$

Vidrios dobles Pared y ventana

15

Conductividad térmica de Varias Sustancias

Substance	Heat Conductivity (w/m.k)
Air at 20 °C	0.023
Dry Soil	0.25
Water at 20 °C	0.60
Snow	0.63
Wet Soil	2.1
Ice	2.1
Granite	2.7
Iron	80
Silver	427
Copper	380

16

Conductividades Calor y Electricidad

Sustancia	Conductividad térmica k [Kcal/s.m.°C] x 10 ⁴	[W/m.k]
Plata	1000	4270
Cobre	9.2	380
Aluminio	0.84	35
Acero	0.56	23
Vidrio	0.16	6.5
Al	0.2-0.4	0.08-0.16
Al	0.0055	0.023
Pol	0.022-0.024	0.009-0.01

Los buenos conductores de calor son también buenos conductores de la Electricidad:
Ley de Wiedemann-Franz $K/\sigma = L \cdot T$

17

Convección

- Existe un **medio material fluido** a través del cual se propaga el calor
- La **densidad del medio varía con la temperatura y la gravedad** juega un rol importante, sin ella no hay convección.
- El calor se transmite **con transporte de materia**.

18

Tipos de Convección

- **Convección NATURAL:** La variación de densidades por variación de temperatura dentro del fluido (medio) genera el flujo del fluido.
- **Convección FORZADA:** El uso de dispositivos mecánicos (ventiladores, bombas, etc.) produce o estimula el movimiento del fluido.

La convección es en general un problema muy complejo sólo veremos un caso muy simple

2026

19

Convección NATURAL

- ✓ **Convección NATURAL:** La variación de densidades por variación de temperatura dentro del fluido (medio) genera el flujo del fluido.
- ✓ En primera aproximación, viene descrita por la *ley de enfriamiento de Newton*

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot (T_{medio} - T_{sup})$$

h una constante característica que depende del régimen de disipación (laminar, turbulento, etc.) de la conductividad térmica del medio fluido y el estado de las superficies

2026

20

Boundary Layer - Capa Límite

- ¿Por qué las Aspas de ventiladora no son auto limpiantes?

2026

21

Tres zonas en el turbulento BL

- *La capa de fluido sobre un solido no se mueve!! El espesor de la Capa depende*

22

Convección NATURAL

- ✓ **Ley de enfriamiento de Newton**

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot (T_{medio} - T_{sup}) = Ah \cdot \Delta T$$

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot \Delta T = \frac{\Delta T}{R_c}$$

$$R_{conv} = \frac{1}{A \cdot h}$$

$$R_{cond} = \frac{l}{A \cdot k_{cond}}$$

Todas las resistencias se combina de la misma forma

23

Ley de enfriamiento de Newton

Capa límite

$h_{ex} \approx 23 \text{ w/m}^2\text{K}$
 $h_{in} \approx 8 \text{ w/m}^2\text{K}$
 $k_{vid} \approx 1 \text{ w/mK}$

$$R_{conv} = \frac{1}{hA} \approx \frac{0.1}{A} [\text{W/K}]$$

$$\mathfrak{R}_{1simple} = R_c^{(ext)} + \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{d_{vid}}{k_{vid}} \right) + R_c^{(int)} = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{h_{ex}} + \frac{d_{vid}}{k_{vid}} + \frac{1}{h_{in}} \right)$$

$$\mathfrak{R}_{1simple} = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{8} + \frac{0.004}{1} + \frac{1}{23} \right) = \frac{0.01}{A} (12.5 + 4 + 4) \approx \frac{0.17}{A} = \frac{1}{A \times 5.7} \text{ m}^2\text{K/w}$$

$T = 1/\mathfrak{R}_{1vidrio} = 5.7 \times A \text{ w/K}$

2026

24

Vidrio Simple

$$R_{1simple} = R_c^{(ext)} + \frac{1}{A} \cdot \left(1 \frac{d_{vid}}{k_{vid}} \right) + R_c^{(int)}$$

$$= \frac{1}{A} \left(\frac{1}{h_{ex}} + \frac{d_{vid}}{k_{vid}} + \frac{1}{h_{in}} \right)$$

$$R_{1simple} = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{8} + \frac{0.004}{1} + \frac{1}{23} \right)$$

$$= \frac{1}{A} (0.125 + 0.004 + 0.043)$$

$$\approx \frac{0.17}{A} m^2 K/w$$

2026

25

Radiación

- ✓ No es necesario que exista un medio material para que se produzca la radiación.
- ✓ El calor se transmite **sin transporte de materia**.
- ✓ El calor es transferido por medio de la radiación electromagnética (radiación infrarroja, microondas, etc.)
- ✓ Las **temperaturas altas** irradian más calor que las frías.
- ✓ Los **cuerpos negro** irradian más que los claros o brillantes.
- ✓ La radiación Electromag. pasa por **medios transparentes** (aire, vidrio, espacio) sin calentarlos significativamente.

26

Ley de Stefan-Boltzmann

$$P_{rad} = e \sigma T^4 A$$

P = La potencia irradiada por una superficie (de área A) y emisividad e , a temperatura T .

σ es la constante de Stephan Boltzmann (Universal) $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} J / (s m^2 K^4)$

2026

27

Emisividad, e

“Determina la eficiencia con que un objeto irradia o absorbe energía por radiación”
Varía entre $e=0$ to $e=1$

Para Superficies similares:

- e es bajo para (cercano a 0)
- Para color blanco, brillante, o superficies claras (emisores / absorbentes pobres)
- e alto (cercano a 1) para **superficies negras** (buenos emisores / absorbentes)

2026

28

Radiación

- Radiación: Todos los objetos irradian energía electromagnética.

$$P_{emit} = dQ/dt = e \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4$$

- e = **emisividad** (entre 0 y 1) Negro perfecto “black body” $e=1$
- T temperatura absoluta
- σ = Stefan-Boltzmann constant = $5.67 \times 10^{-8} J/(s m^2 K^4)$
- **No se requiere ningún medio material**

- Todos los objetos absorben energía electromagnética del medio.

$$P_{absor} = dQ/dt = e \cdot A \cdot \sigma \cdot T_0^4$$

- Buenos emisores = buenos absorbentes ($e=1$)

29

Radiación

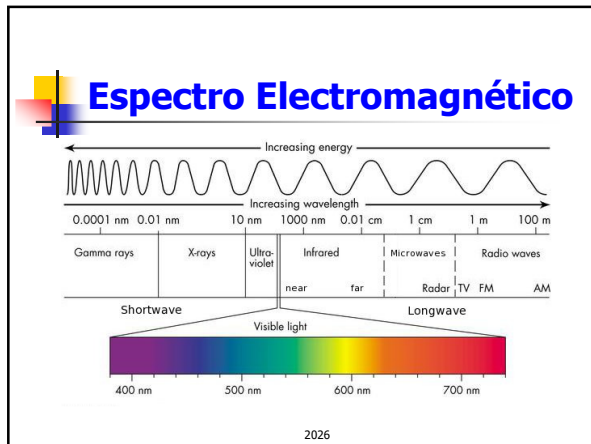
- Enfriamiento o calentamiento por Radiación: Todos los objetos irradian energía electromagnética.

$$P = e \cdot A \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_0^4)$$

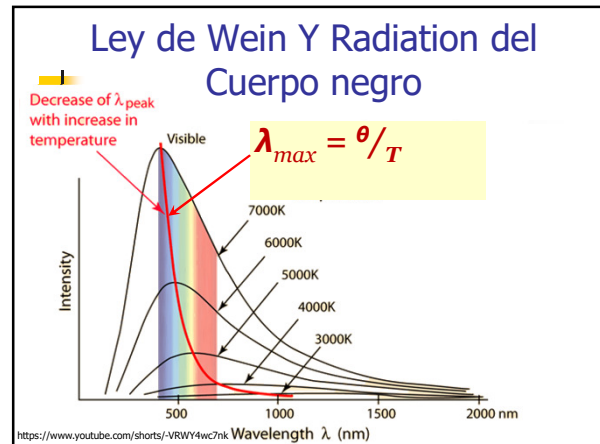
$$\Delta P_{rad} = A \cdot e \cdot \sigma \cdot \bar{T}^3 \Delta T = \frac{\Delta T}{R_{rad}}$$

$$R_{rad} = \frac{1}{A \cdot e \cdot \sigma \cdot \bar{T}^3}$$

30



31



32

Ley de Wein

- La ley de Wein establece que la longitud de onda a la que un cuerpo emite mayor radiación está relacionada con su temperatura.
- $\lambda_{max} = \theta / T$ (Ley de Wien)
donde λ_{max} es la longitud de onda correspondiente a la máxima radiación electromagnética, θ es una constante igual a $2897 \mu m K$, y T es la temperatura en Kelvin.

33

Vidrios simple y dobles

vidrio, espesor d_v

aire

espesor $d_a = 4mm$

$$\mathfrak{R}_{vidrio} = \frac{1}{A} \left(0.035 + \frac{0.004}{0.84} + 0.125 \right) = \frac{1}{1000 \cdot A} (35 + 4.8 + 125) \approx \frac{0.165}{A}$$

$$\mathfrak{R}_{2vidrio} = \frac{1}{A} \left(0.035 + 2 \frac{0.004}{0.84} + \frac{0.01}{0.023} + 0.125 \right) = \frac{1}{1000 \cdot A} (35 + 4.8 + 435 + 125) \approx \frac{0.65}{A}$$

aire

espesor d_a

$$h_{ext} = \frac{1}{28}, h_{int} = \frac{1}{8}, k_{vid} = 0.84 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$U = \frac{1}{\mathfrak{R}_{2vidrio}} = 1.7 \times A \text{ w/K}$$

Relación con referencia a vidrio simple

$$v = \frac{H_{1vidrio}}{H_{2vidrio}} = \frac{\mathfrak{R}_{2vidrio}}{\mathfrak{R}_{1vidrio}} \approx 3.6$$

2026

34

Paredes y techos

Espesor = e

Area = A

Paredes y techos

$$R_p = R_{convext} + R_{rev1} + R_{iadr} + R_{rev2} + R_{convint}$$

$$R = 1/A \cdot S$$

$$R_p \cdot A = \frac{1}{S} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{t_{rev}}{k_{rev}} + \frac{t_{iadr}}{k_{iadr}} + \frac{t_{rev}}{k_{rev}} + \frac{1}{h_{int}}$$

$$P(W) = A \cdot S \cdot \Delta T = \frac{\Delta T}{R} \quad E(W \cdot h) = A \cdot S \cdot \Delta T \cdot 24$$

2026

35

Transmitancia T_{tot} Total de la envolvente

**Envolvente =
Techo + Paredes + aberturas + ..**

Donde R_{Tot} es la resistencia total. Es decir:

$$U_{tot} = \frac{1}{R_{Tot}} = \frac{1}{R_{techo}} + \frac{1}{R_{pared}} + \frac{1}{R_{abert}} + ..$$

$$P(W) = U_{tot} \cdot \Delta T \quad \Delta E_{dia}(Wh) = 24 \cdot U_{tot} \cdot \Delta T$$

$$\Delta E_{año}(E) = U_{tot} \cdot \sum \Delta T(i) = U_{tot} \cdot DGD$$

2026

36

El Acondicionamiento Térmico de una Vivienda Clave para la Eficiencia Energética y la Sostenibilidad

37

¿Por qué importa el acondicionamiento térmico?

Consumo Residencial Argentino 2022

Consumo Residencial EE.UU. 2015

Consumo Residencial España 2015

El consume en Acondicionamiento Térmico (AT) (Calef. + Refrig.) de una vivienda es uno de las mayores demandas. Del orden del 50% de consumo doméstico

2026

38

¿Por qué importa el acondicionamiento térmico?

- ✓ *Calefacción y refrigeración (AT) son los mayores consumos en viviendas.*
- ✓ *Impacto en salud, confort y costos energéticos.*
- ✓ *Efecto directo en las emisiones de CO₂.*

2026

39

Confort térmico: mucho más que temperatura

- ✓ Factores: **temperatura + humedad + ropa + actividad.**
- ✓ Zona de confort: 18–25°C y HR entre 30–70%.
- ✓ *Mejora el bienestar, el sueño y la productividad.*

2026

40

Confort térmico

Temperaturas de confort

Temperaturas de confort

- ✓ **Temperatura + humedad + ropa + actividad.**
- ✓ Invierno: **18–20°C** y HR 30–70%.
- ✓ Verano: **24–27°C** y HR 30–70%.

2026

41

Calefacción

Disponemos de datos experimentales

TopDown

Déficit Grado Día (DGD) y el rigor del invierno

2026

42

Transmitancia T_{tot}

Total de la envolvente
Envolvente =
Techo+Parredes+aberturas+..

Donde R_{Tot} es la resistencia total. Es decir:

$$U_{tot} = \frac{1}{R_{Tot}} = \frac{1}{R_{techo}} + \frac{1}{R_{pared}} + \frac{1}{R_{abert}} + ..$$

$$P(W) = U_{tot} \cdot \Delta T \quad \Delta E_{día}(Wh) = 24 \cdot U_{tot} \cdot \Delta T$$

$$\Delta E_{año}(E) = U_{tot} \cdot \sum \Delta T(i) = U_{tot} \cdot DGD$$

2026

43

Déficit Grado Día (DGD)

GBA Año=2007 DGD_c=1026 DGD_r=902

$$DGD = \sum_i \Delta T_i |_{T_i < T_{Ref}} = \int_t (T_{ext}(t) - T_{Ref})_{T_{ext}(t) < T_{Ref}} dt$$

$$P(W) = U_{tot} \cdot \Delta T \quad \Delta E_{día}(Wh) = 24 \cdot U_{tot} \cdot \Delta T$$

$$Q_{Trans} \left(\frac{kWh}{año} \right) = 0.024 \cdot [U_{tot}] \cdot DGD$$

2026

44

Zonas frías y templadas

GBA Año=2007 DGD_c=1026 DGD_r=902

Bariloche Año=2006 DGD_c=3514, DGD_r=9,75

2026

45

Zonas Bioambientales de Argentina Norma IRAM 16003

	DGD_18
LAS LOMITAS	275
ORÁN	278
SANTIAGO DEL ESTERO	543
JUJUY	579
CÓRDOBA (OBS.)	738
BUENOS AIRES	854
SALTA	855
ROSARIO	970
MENDOZA (OBS.)	1,215
BAHÍA BLANCA	1,477
NEUQUÉN	1,683
MAR DEL PLATA	1,707
LA QUIACA (OBS.)	2,865
BARILOCHE	3,475

2026

46

Antecedentes

Variación del consumo específico residencial como función de la Deficiencia Grado Día (DGD_d). Ajuste a los datos de la zona centro-norte del país.

Se observa que consumo es proporcional a la DGD.

2026

47

Consumos Calefacción

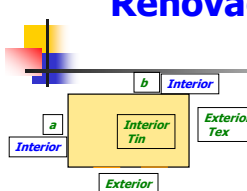
Argentina Centro_Norte

$$y = 1.129x \quad R^2 = 0.9883$$

2026

48

Renovaciones de Aire



$Vol = a \cdot b \cdot h$

$n = \text{renovaciones de aire/h}$

$T_{ref} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

$\rho_{air} \cdot C_{air} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,01 \text{ kJ/kg.K} = 1,2 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K} = C_{air}$

cada renovación implica:

$$\Delta E = V_a \cdot \rho_a \cdot C_a \cdot (T_{in} - T_{ex}) = V_a \cdot C_{air} \cdot \Delta T$$

En un día:

$$\Delta E_{día} = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot \Delta T$$

2026

49

Renovaciones de Aire (RA)



$Vol = a \cdot b \cdot h$

$n = \text{renovaciones de aire/h}$

RA, n renovaciones por hora. Al día

$$\Delta E(RA) = 24nV_a \cdot \rho_a c_a \cdot (T_{ref} - T_{ex}) = 24nV_a C_{air} \Delta T$$

$$\Delta E_{año}(RA) = 24nV_a \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot \sum (T_{ref} - T_{ex}(i))$$

$$= 24n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot \sum_i \Delta T(i) = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot DGD$$

$$\Delta E_{día} = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot \Delta T$$

$$\Delta E_{año}(RA) = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot DGD$$

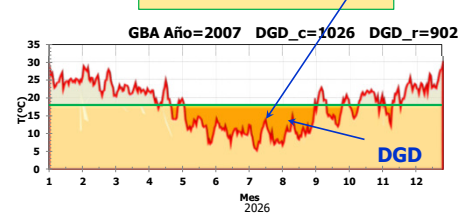
2026

50

Consumo Calefacción (DGD)

$$Q \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = 0.024 \cdot [\sum_k U_k + n \cdot Vol \cdot C_{Air}] \cdot DGD$$

$$DGD = |\sum_i \Delta T_i|_{T_i < T_{Ref}} =$$



Mes 2026

51

Combinando las pérdidas de la envolvente con renovaciones de aire - Calefacción

$$\Delta E_{año}(envol) = U_{tot} \cdot \sum \Delta T(i) = U_{tot} \cdot DGD$$

$$\Delta E_{año}(Wh) = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot DGD$$

$$\Delta E_{año}(Wh) = \Delta E_{año}(E) + \Delta E_{año}(RA)$$

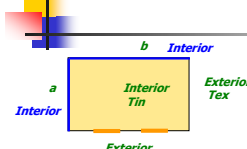
$$\Delta E_{año}(kWh) = 0.024 \cdot [n \cdot C_{air} \cdot V_a + U_{tot}] \cdot DGD$$

Consumo total para calefacción de una casa

2026

52

Calefaccionar una Habitación



$A_t = axb$

$A_{p1} = h(a+b)$

$A_{p2} = h(a+b)$

$A = ab = \text{Área puerta} + \text{Ventana}$

$Vol = a \cdot b \cdot h$

$n = \text{renovaciones de aire/h}$

$T_{in} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

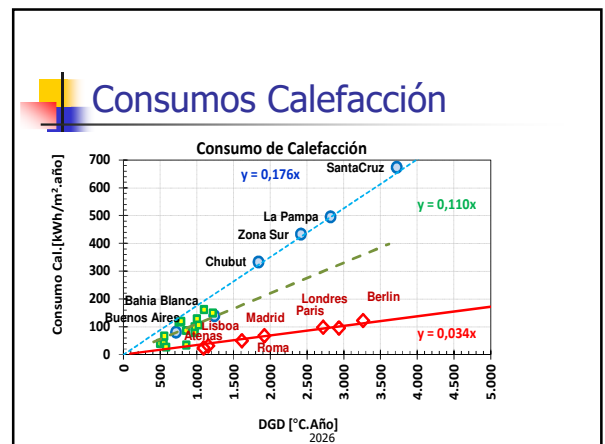
$$\Delta E_{año} = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot DGD$$

Sumamos sobre todas las componentes: Paredes, techo, aberturas, etc.

$$Q_{año} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = 0.024 \cdot \left[\sum_i U_i + n \cdot V_a \cdot C_{air} \right] \cdot DGD$$

2026

53



54

Aislación térmica de envoltorio de edificios + buen diseño

Un buen aislante térmico, puede disminuir la conductividad de las paredes en un factor 2 a 4!!!

2026

55

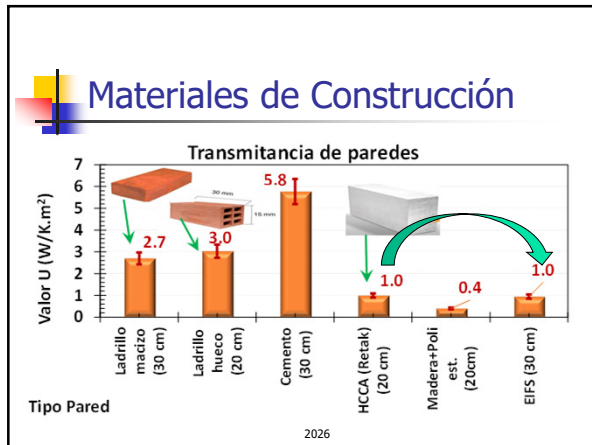
Muros EIFS (Insulation and Finish System) 0 sistema de aislación y terminación exterior.

Muro EIFS

HCCA - Retak

Hormigón Celular Curados en Autoclave (HCCA) - Retak

56



57

Materiales de Construcción

	Valor U (W/K.m ²)	k (K.m/W)
Ladrillo macizo (30 cm)	2.70	0.9
Ladrillo hueco (20 cm)	3.03	0.33
Cemento (30 cm)	5.77	0.052
HCCA (Retak) (20 cm)	1.00	
Madera+Poliest. (20cm)	0.40	
EIFS (30 cm)	0.95	
Ladrillo macizo 30cm + revoque (4 cm)	2.41	
Ladrillo hueco (20cm) + revoque 4cm	1.54	
Ventana Vidrio Simple	5.82	
Ventana Vidrio Doble (DVH)	3.08	
Ventana Vidrio Simple + Cort. Madera (cerrada)	2.79	

2026

58

Calefaccionar una Habitación

Ejercicio – Deber para la casa

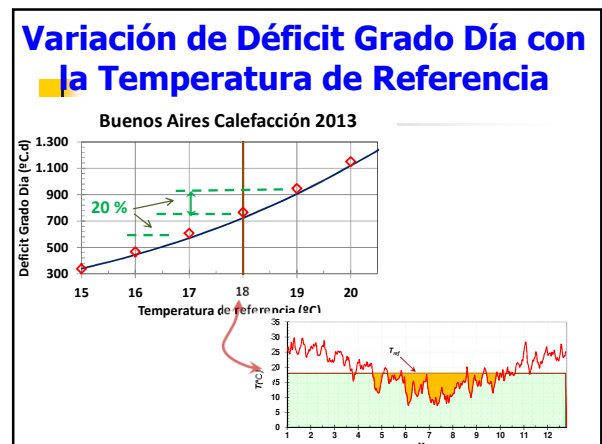
Aberturas: Puerta 2x 0,8 m
Ventana: 1,2 x 0,8 m
h=2,8 m
a= 3 m
b= 4 m
i) Vidrio Simple

Paredes y techo de ladrillo 30 cm revoque

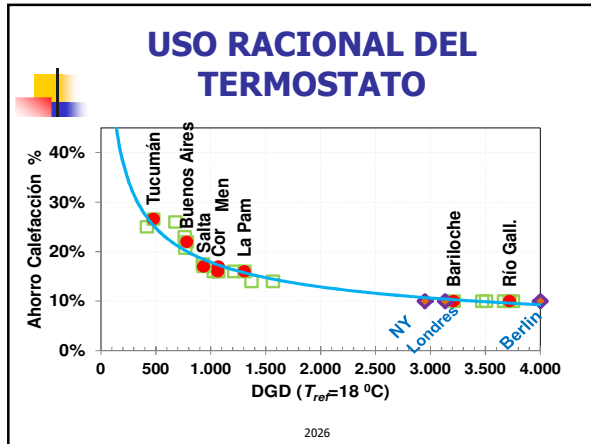
i) Sin aislación
ii) 10 cm EPS

2026

59



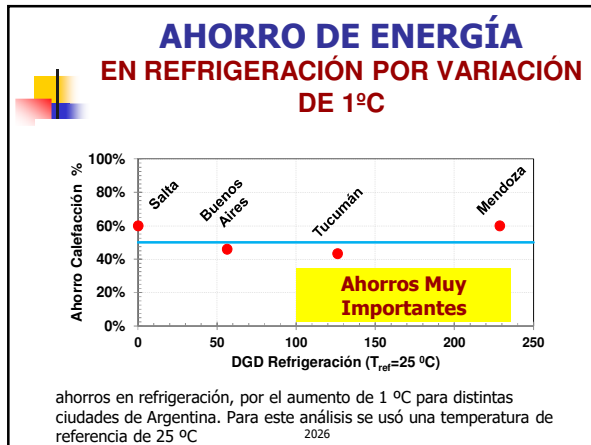
60



61

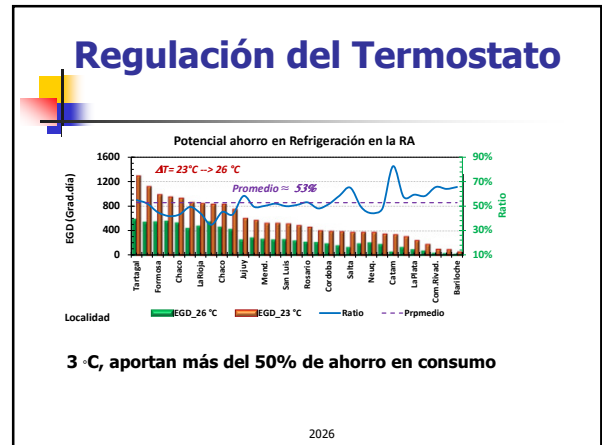


62

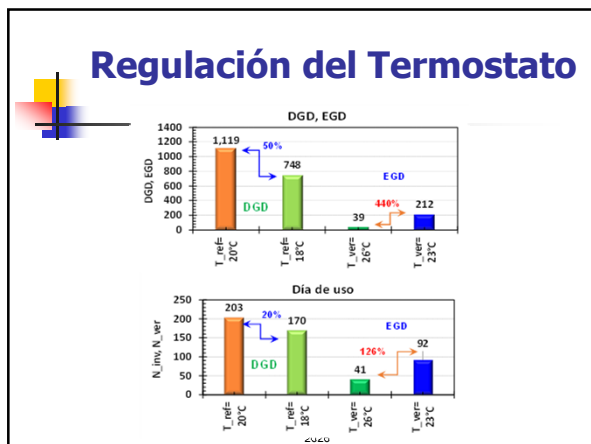


ahorros en refrigeración, por el aumento de 1 °C para distintas ciudades de Argentina. Para este análisis se usó una temperatura de referencia de 25 °C

63



64



65

Refrigeración

$$\Delta E_{REF_año}(W) = U_{tot} \cdot \sum \Delta T(i) = T_{tot} \cdot EGD$$

$$\Delta E_{Ref_año}(Wh) = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot EGD$$

$$\Delta E_{Total AT} = \Delta E_{año}(E) + \Delta E_{año}(RA)$$

$$\Delta E_{año}(Wh) = 24 \cdot [n \cdot C_{air} \cdot V_a + U_{tot}(E)] \cdot EGD$$

$$\Delta E_{año}(kWh) = 0.024 \cdot [n \cdot C_{air} \cdot V_a + U_{tot}(E)] \cdot EGD$$

Consumo total para refrigeración de una casa

66

Por qué la aislación térmica es importante en una casa

Verano

summer gains

Invierno

winter loss

2026

67

Calefacionar una Habitación

$A_t = axb$
 $A_{p1} = hx(a+b)$
 $A_{p2} = hx(a+b)$
 $A_{-ab} = \text{Area puerta + Ventana}$
 $Vol = a \cdot b \cdot h$
 $n = \text{renovaciones de aire/h}$

$T_{in} = 18\text{ }^\circ\text{C}$

$R_i = 1/A \cdot S_i \quad U_i = S_i = d_i/k_i \quad C_{air} = 1,2 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K} = 0,35 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$

$$\text{Consumo_anual (kW.h)} = \left[\sum_i k_i \frac{A_i}{e_i} + n \cdot Vol \cdot C_{air} \right] \times 0,024 \times DGD$$

$$\text{Consumo_anual (kW.h)} = \left[\sum_i S_i \cdot A_i + n \cdot Vol \cdot C_{air} \right] \times 0,024 \times DGD$$

2026

68

Fin de la presentación

Muchas Gracias

2026

69

Fin de la presentación

Muchas Gracias

2026

70

Ingeniería en Energía

Energía y Medio Ambiente 1

Clase 3

ECyT - UNSAM

Docentes: Diana Mielnicki y Salvador Gil

ECyT - UNSAM

2026

2026

71

Ecuación de conducción y Convección

$$H(w) = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

$$P = H = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}_{cond}}$$

$$\mathfrak{R}_{cond} = \frac{l}{k \cdot A}$$

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot (T_{medio} - T_{sup})$$

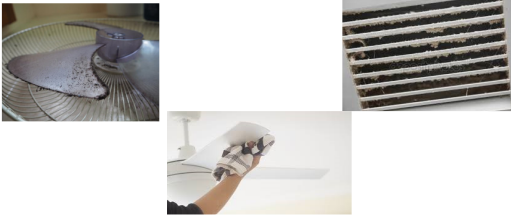
$$P_{conv} = H_{conv} = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}_{conv}}$$

$$\mathfrak{R}_{conv} = \frac{1}{h \cdot A}$$

2026

72

Boundary Layer - Capa Límite



- ¿Por qué las Aspas de ventiladora no son auto limpiantes?

2026

73

Resistencias en serie Capa límite

$$H = -\frac{(T_2 - T_1)}{\mathfrak{R}_{12}}$$

$$\mathfrak{R}_{12} = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2$$

$$\mathfrak{R}_{conv} = \frac{1}{h \cdot A}$$

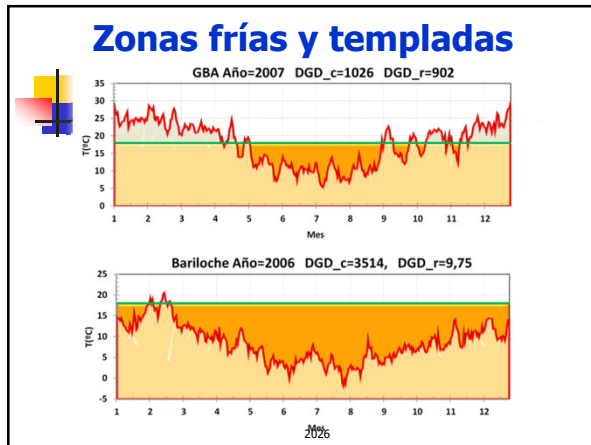
$$\mathfrak{R}_{cond} = \frac{l}{k \cdot A}$$

$$\mathfrak{R}_{12} = \mathfrak{R}_{conv} + \mathfrak{R}_{cond}$$

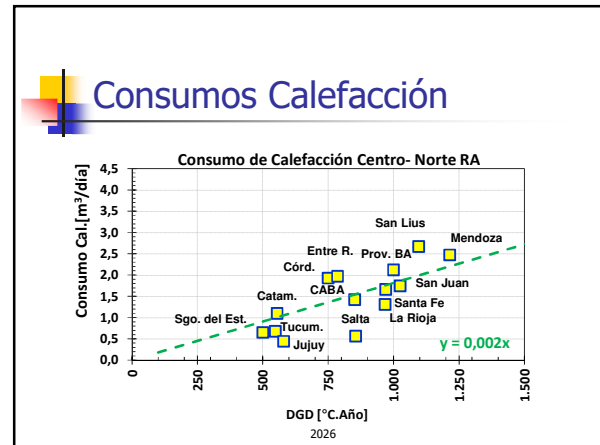
$T_2 > T_1$

2026

74



75



76

Mecanismos de transferencia de Calor

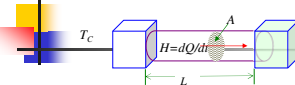

- Conducción:** El calor fluye por un medio material
- Convección:** El calor fluye por un medio del movimiento del medio material (Fluido)
- Radiación:** El calor fluye por medio ondas electromagnéticas

Siempre el calor va del cuerpo caliente al frío

2026

77

Ecuación de conducción y Convección

$$H(w) = \frac{dQ}{dt} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

$$P = H = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}_{con}}$$

$$\mathfrak{R}_{con} = \frac{l}{k \cdot A}$$

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot (T_{medio} - T_{sup}) = Ah \cdot \Delta T$$

$$P_{conv} = H_{conv} = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}_{conv}}$$

$$\mathfrak{R}_{conv} = \frac{1}{h \cdot A}$$

$$P_{conv} = H_{conv} = A \cdot h \cdot \Delta T = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}_c}$$

2026

78

Resistencias en serie y Paralelo

$\mathfrak{R}_{12} = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2$

$H = -\frac{(T_2 - T_1)}{\mathfrak{R}_{12}}$

$\frac{1}{\mathfrak{R}_{12}} = \frac{1}{\mathfrak{R}_1} + \frac{1}{\mathfrak{R}_2}$

T_1 $H=dQ/dt$ T_2

T_1 $H=dQ/dt$ T_2

2026

79

Ventanas – Vidrios simple y dobles

vidrio, espesor d_v
aire espesor d_a
vidrio, espesor d_v
aire espesor $d_a = 4\text{mm}$

$\mathfrak{R}_{\text{simple}} = R_{\text{ext}} + \frac{d_{\text{vid}}}{k_{\text{vid}}} + R_{\text{int}} = \frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{d_{\text{vid}}}{k_{\text{vid}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}}$

$\mathfrak{R}_{\text{vidrio}} = \frac{1}{A} \left(\frac{2d_{\text{vid}}}{k_{\text{vid}}} + \frac{d_{\text{aire}}}{k_{\text{aire}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}} \right) = \frac{1}{A} \left(0.008 + \frac{0.01}{0.023} + 0.168 \right) = \frac{0.61}{A}$

$H = -\frac{(T_2 - T_1)}{\mathfrak{R}_{12}}$

$\mathfrak{R}_{12} = R_{\text{ext}} + \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + R_{\text{int}} = 2 \cdot \mathfrak{R}_{\text{simple}} + \mathfrak{R}_{\text{aire}} + R_{\text{ext}} + R_{\text{int}}$

$1/\mathfrak{R}_{1\text{vidrio}} = 5.7 \times A \text{ w/K}$

$1/\mathfrak{R}_{2\text{vidrio}} = 1.6 \times A \text{ w/K}$

$v = \frac{H_{\text{vidrio}}}{H_{2\text{vidrio}}} = \frac{\mathfrak{R}_{2\text{vidrio}}}{\mathfrak{R}_{1\text{vidrio}}} \approx 3.6$

2026

80

Paredes y techos

$R_p = R_{\text{convext}} + R_{\text{rev1}} + R_{\text{ladr}} + R_{\text{rev2}} + R_{\text{convint}}$

$R = 1/A.S$

$R_p \cdot A = \frac{1}{S} = \frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{t_{\text{rev}}}{k_{\text{rev}}} + \frac{t_{\text{ladr}}}{k_{\text{ladr}}} + \frac{t_{\text{rev}}}{k_{\text{rev}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}}$

$P(W) = A.S.\Delta T = \frac{\Delta T}{R}$

Espesor = e

Area = A

$E(W \cdot h) = A.S.\Delta T \cdot 24$

2026

81

Transmitancia $T=K$ U- Value o Valor de K

$T \equiv K = 1/R_{\text{Tot}}$

Donde R_{Tot} es la resistencia total del elemento por *unidad de área*. Es decir:

$$R_{\text{Tot}} = R_{\text{ex}} + \sum_i R_i + R_{\text{in}} = \frac{1}{h_{\text{ce}}} + \sum_i \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_{\text{ce}}}$$

Los efectos de capas ya están incluidos

2026

82

Calefacionar una Habitación

Invierno

Pérdidas

Aberturas

Paredes

Infiltraciones

Techo

Para mantener una dada temperatura la generación de calor (**Potencia de la estufa o calefactor**) debe ser igual a las pérdidas

Paredes y techo

i) ladrillo 30 cm y revoque

ii) Sin o con aislación

1. Techo
2. paredes
3. Renov. Aire
4. Aberturas: (ventanas, puertas, etc.)

2026

83

Refrigerar una Habitación

Ganancia solar

Aberturas

Techo

Paredes

Intercambio aire

Paredes y techo

i) ladrillo 30 cm y revoque

ii) Sin o con aislación

1. Techo
2. paredes
3. Renov. Aire
4. Aberturas: (ventanas, puertas, etc.)

2026

84

Renovaciones de Aire

$\rho_{air} \cdot c_{air} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,01 \text{ kJ/kg} \cdot K = 1,2 \text{ kJ/m}^3 \cdot K = C_{air}$
 Aire, n renovaciones por hora,
 Cada renovación implica:

$$H = P(W) = \sum_i k_i \frac{A_i}{e_i} (T_{ex} - T_{in}) + n \cdot Vol \cdot \rho_{air} \cdot c_{air} \cdot (T_{ex} - T_{in})$$

$$H = P(W) = \left[\sum_i k_i \frac{A_i}{e_i} + n \cdot Vol \cdot C_{air} \right] \cdot (T_{ex} - T_{in})$$

85

Calefacionar una Habitación

$A_t = axb$
 $A_{pl} = hx(a+b)$
 $A_{pb} = lx(a+b)$
 $A_{ab} = \text{Area puerta} + \text{Ventana}$
 $Vol = a \cdot b \cdot h$
 $n = \text{renovaciones de aire/h}$
 $T_{in} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta E_{año} = 24 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \cdot DGD$$

Sumamos sobre todas las componentes: Paredes, techo, aberturas, etc.

$$H_{año} \left(\frac{kWh}{año} \right) = \left[\sum_i k_i \frac{A_i}{e_i} + 0,024 \cdot n \cdot V_a \cdot C_{air} \right] \cdot DGD$$

86

Déficit Grado Día (DGD)

$\text{Consumo}_{anual} (kWh) = \left[\sum_i k_i \frac{A_i}{e_i} + n \cdot Vol \cdot C_{air} \right] \cdot 0,024 \times DGD$

$$GDD = \sum_{E_{ex} < T_{in}} (T_{ex}^{Med} - T_{in}) = \int_{año} (T_{ex}^{Med} - T_{in}) \cdot dt$$

87

Antecedentes

Variación del consumo específico residencial como función de la Deficiencia Grado Día (DGD_d). Ajuste a los datos de la zona centro-norte del país.

Se observa que consumo es proporcional a la DGD.

88

Consumos Calefacción

89

REGULACIÓN DEL TERMOSTATO

DGD, EGD
 20°C: 1,119 DGD, 748 EGD
 18°C: 748 DGD, 39 EGD
 26°C: 39 DGD, 133 EGD
 24°C: 133 DGD, 133 EGD

Días de uso
 20°C: 203 días
 18°C: 170 días
 26°C: 41 días
 24°C: 71 días

La adecuada regulación reduce significativamente los consume y tiempos de uso

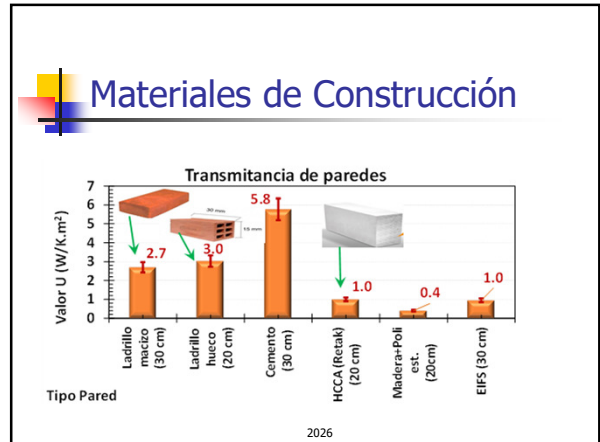
90

Aislación térmica de envoltorio de edificios + buen diseño

Un buen aislante térmico, puede disminuir la conductividad de las paredes en un factor 2 a 4!!!

2026

91



92

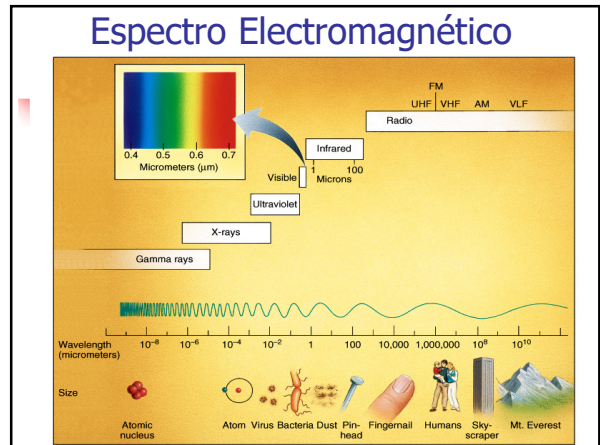
Ejercicios en Excel

Cálculo de calefacción de una Vivienda en GBA

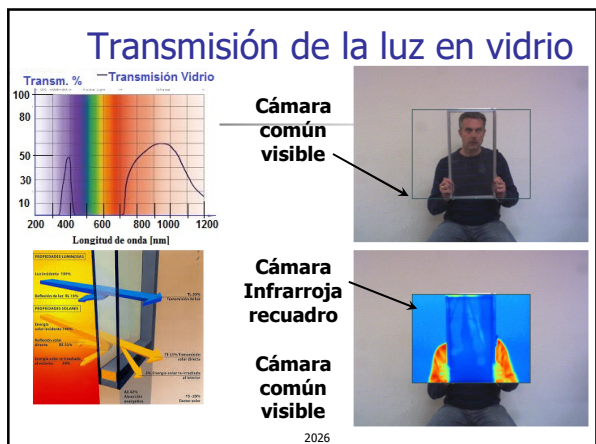
Ver:
[Casa_pared_techo_DGD_2022.xlsx](#)

2026

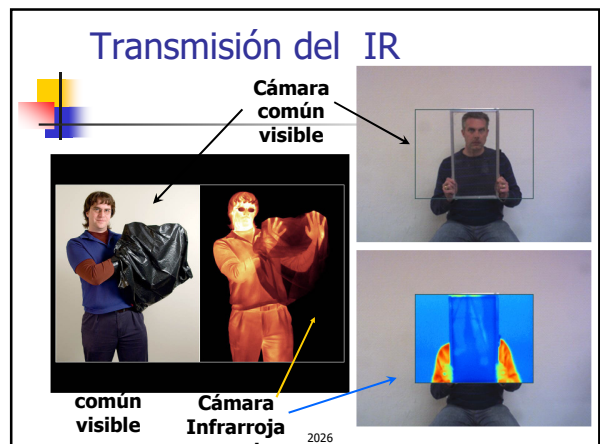
93



94



95



96

Transmisión del IR - Vidrio

El vidrio es transparente a visible pero opaco al IR

2026

97

IR - Transparencia

El vidrio es transparente al visible pero no al IR

Una bolsa de plástico negra es opaca al visible pero es transparente al IR

2026

98

Efecto Invernadero (greenhouse)

- El vidrio es transparente a la luz visible (long. de ondas cortas), pero opaco a la radiación infrarroja (long. De onda larga)
- El interior está más caliente que el exterior

2026

99

Redición del Sol y la Tierra

Temperatura del Sol $T_{sol}=5778$ K (Max Visible)
Temperatura de la Tierra $T_{Tierra}=288$ K (15°C)

2026

100

Redición del Sol y la Tierra

Clear-Sky Atmospheric Transmission

Temperatura del Sol $T_{sol}=5778$ K (Max Visible)
Temperatura de la Tierra $T_{Tierra}=288$ K (15°C)

2026

101

Atmósfera de la Tierra

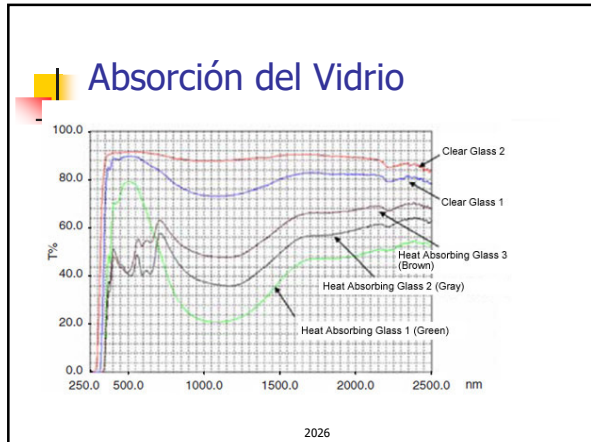
EARTH'S ENERGY BUDGET

Incoming solar energy 100%

- Reflected by atmosphere: 6%
- Reflected by clouds: 20%
- Reflected from earth's surface: 4%
- Radiated to space from clouds and atmosphere: 64%
- Radiated directly to space from earth: 6%
- Absorbed by atmosphere: 16%
- Absorbed by clouds: 3%
- Conduction and rising air: 7%
- Absorbed by land and oceans: 51%
- Carried to clouds and atmosphere by latent heat in water vapor: 23%
- Radiation absorbed by atmosphere: 15%

2026

102



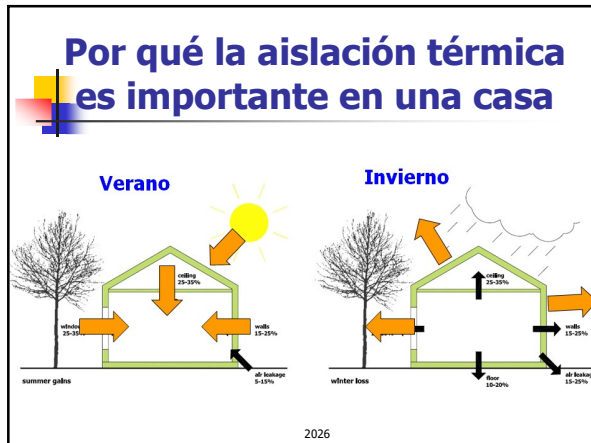
103

USO RACIONAL DE LA ENERGÍA QUE IMPLICA UN AHORRO EN USD ?

- ✓ 95% de los usuarios de gas natural están en la zona centro-norte, sin embargo el 5% de los usuarios del sur, consumen cerca del 20% del gas residencial.
- ✓ **1 °C** de disminución en los termostatos represente un ahorro de un 18% del consumo de calefacción a nivel nacional.
- ✓ un ahorro del orden del 10% sería de unos **5 millones de m³/día**, cuyo costo marginal es del orden de 3 millones de U\$S/día, suponiendo un costo del orden de 7U\$U/M_BTU.
- ✓ A lo largo de unos 90 días de frío, su costo sería de unos **100 millones de U\$S/año.**

2026

104



105

Ingeniería en Energía

Energía y Medio Ambiente 1

Clase 4

ECyT - UNSAM

Docentes: Diana Mielnicki y Salvador Gil

ECyT - UNSAM

2024

2026

106