

# Materiales de la industria química

“El progreso está asociado al desarrollo de los materiales” *Callister William*

- Vivienda e infraestructura
- Transporte tren, automóvil, avión, (aero-transportadores?)
- Vestimenta
- Medicina
- Electrónica y computación
- Procesos especializados



Comienzo:

fabricación de materiales simples

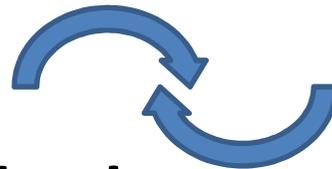
Como:

Obtención y modificación de las propiedades

-tratamientos térmicos

-agregado de sustancias

Ciencia de los materiales



Ingeniería de los materiales

# Propiedades

## Respuesta a estímulo

- Físicas
  - Generales
  - Térmicas
  - Mecánicas
  - Eléctricas y electrónicas
  - Ópticas
- Químicas

# Estructura

## Organización

- Electrónica
- Atómica y molecular
- Microscópica
- Macroscópica
  
- Amorfo
- Cristalino
  
- Tipos de celdas
- Fibras
- Placas
- etcSS

# Propiedades

- Peso, color, estado de agregación
- Dureza ,resistencia a la tensión y rotura, elasticidad, rigidez y flexibilidad, tenacidad
- Resistencia al choque térmico, conductividad, dilatación y capacidad térmica
- Reactividad, olor, sabor
- Etc..

# Selección del material

Condiciones de trabajo



Propiedades necesarias



Compromiso – propiedades antagónicas



Degradación en servicio



Consideraciones económica

# Propiedades mecánicas

## Resistencia a la tracción

¿Por qué la variedad?

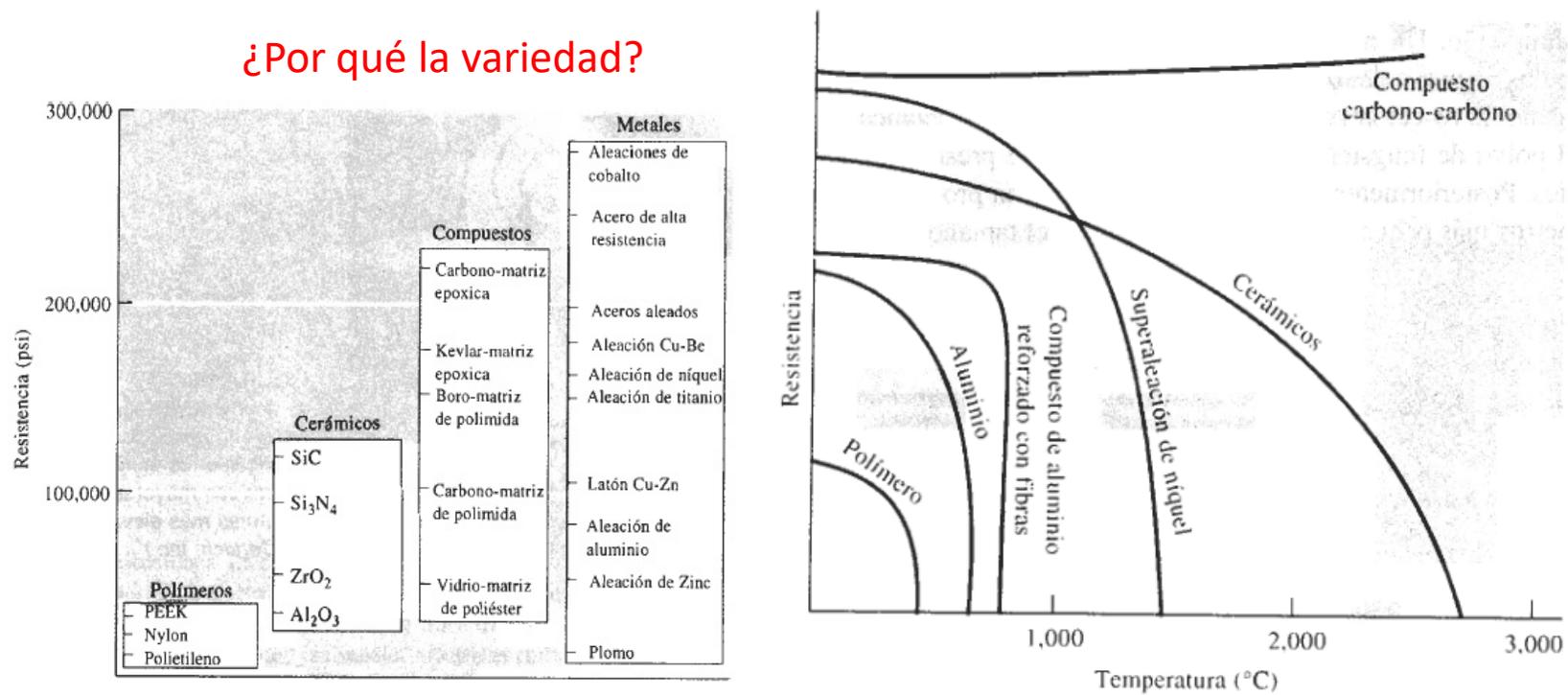


FIGURA 1-1 Resistencias representativas de diversas categorías de materiales.

# Propiedades térmicas de la materia

## Objetivos del capítulo

Conocer las principales propiedades y aspectos térmicos mínimos a tener en cuenta al

Operar

Diseñar

Adquirir

un material

Resolver cálculos mínimos para elaborar conclusiones y tomar decisiones

# Propiedades térmicas de la materia

**Transversal** a todos los materiales

Las propiedades de los materiales **cambian**  
al cambiar la temperatura

**Físicas**

**Mecánicas**

**Químicas**

# Propiedades térmicas de la materia

Capacidad

Conductividad

Dilatación

Choque

# Propiedades térmicas de la materia

**Capacidad térmica** { (capacidad térmica)  
(calor específico)

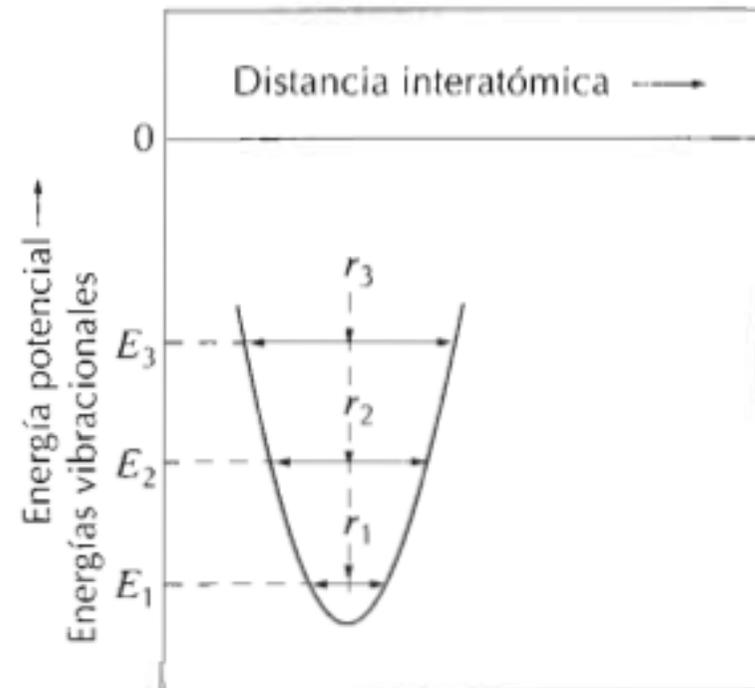
$$C = dQ/dT$$

Unidades energía / material x  $\Delta T$

J o cal o btu  
mol o Kg  
°C o K

Cp algunos materiales

Aluminio	900
Cobre	386
Oro	130
Alúmina( $Al_2O_3$ )	775
Óxido de berilio (BeO)	1050 <sup>d</sup>
Magnesia(MgO)	940
Polietileno	2100
Polipropileno	1880
Poliestireno	1360
Politetrafluoretileno	1050



# Propiedades térmicas de la materia

## Cv o Cp Función de la temperatura hasta $T_D$

### Ley de Debye (1912)

A baja T  $C_v = K \cdot T^3$

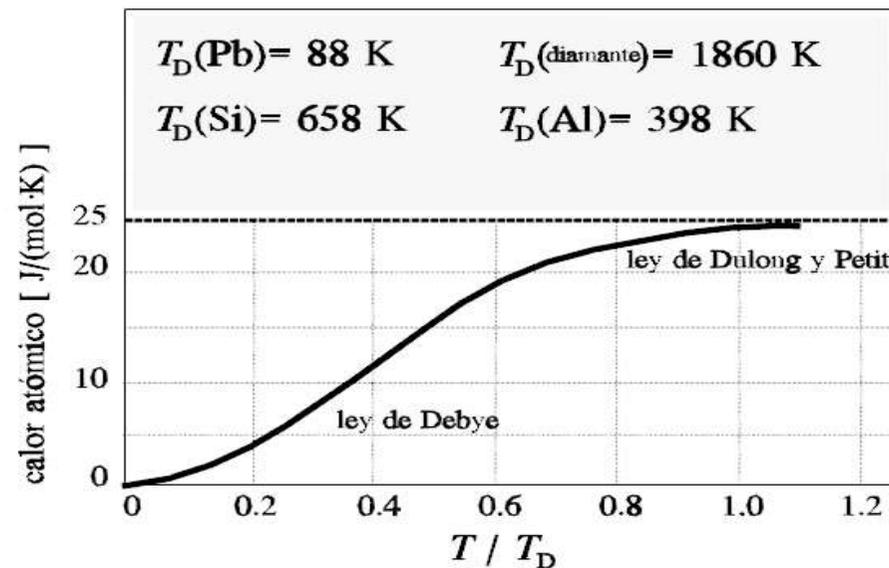
$$C = C_{\text{electrónico}} + C_{\text{vibracional}}$$
$$C_{\text{metal}} = \frac{\pi^2 N_A k^2}{2E_F} T + \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3$$

Calor específico electrónico proporcional a la temperatura T.

Calor específico vibracional proporcional al cubo de la temperatura T.

### Ley de Dulong-Petit (1819)

El calor necesario para elevar la temperatura de una cierta masa de sólido depende solamente del número de átomos y C se estabiliza  $25 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 3R$



# Propiedades térmicas de la materia

## Cv o Cp Función de la temperatura hasta $T_D$

### Ley de Debye (1912)

A baja T  $C_v = K \cdot T^3$

$$C = C_{\text{electrónico}} + C_{\text{vibracional}}$$
$$C_{\text{metal}} = \frac{\pi^2 N_A k^2}{2E_F} T + \frac{12\pi^4 N_A k}{5T_D^3} T^3$$

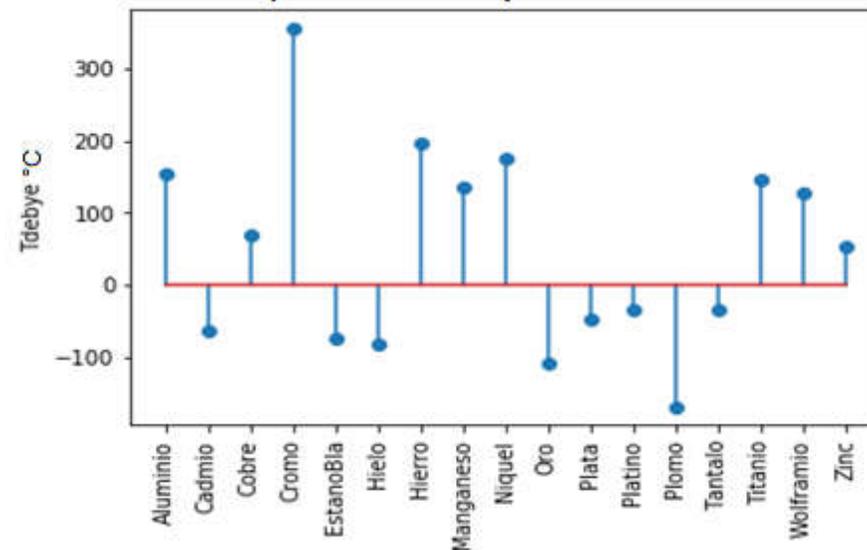
Calor específico electrónico proporcional a la temperatura T.

Calor específico vibracional proporcional al cubo de la temperatura T.

### Ley de Dulong-Petit (1819)

El calor necesario para elevar la temperatura de una cierta masa de sólido depende solamente del número de átomos y C se estabiliza  $25 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 3R$

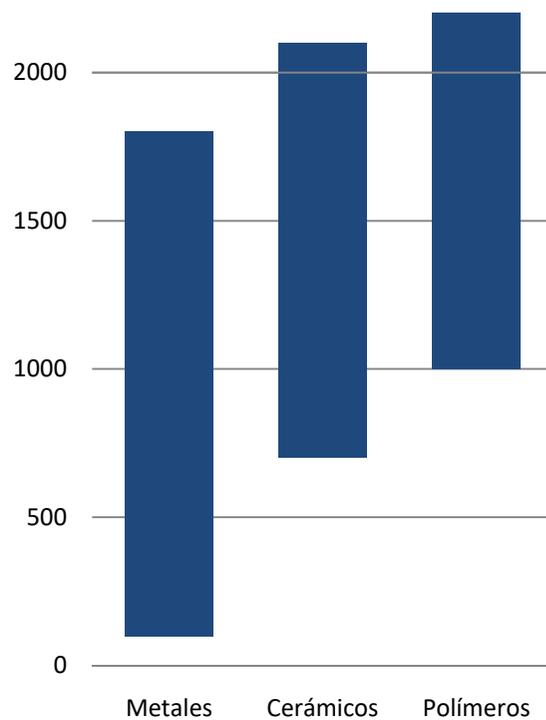
Temperatura de Debye de distintos metales



# Propiedades térmicas de la materia

## Capacidad Térmica

Rango de valores  
Capacidad Térmica



Los polímeros exhiben alta capacidad térmica debido a modos vibratorios adicionales de los enlaces intramoleculares

# Propiedades térmicas de la materia

## Conductividad térmica

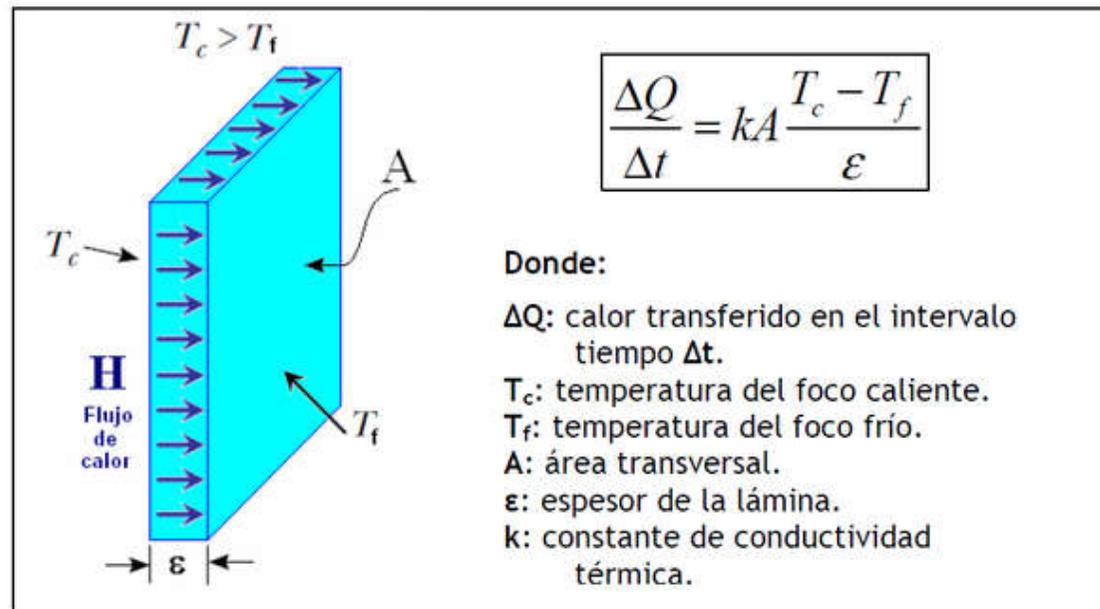
$$q = -k \, dT/dx$$

o

$$q = -k / \nabla T$$

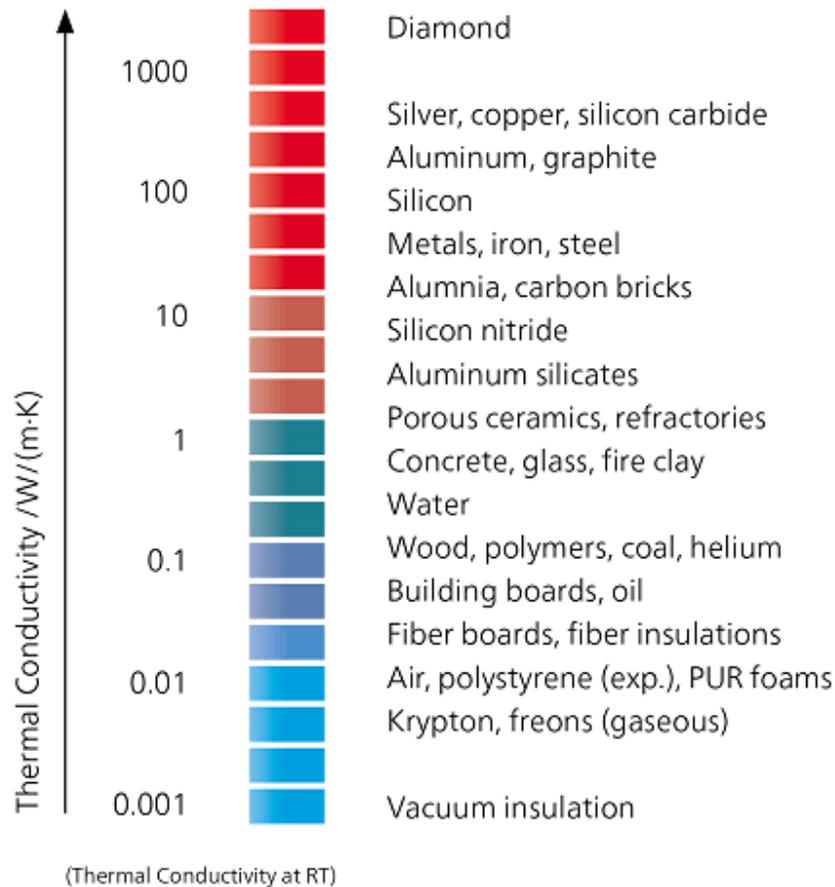
Flujo de calor en dirección opuesto al gradiente de temperatura

$$q \text{ [w/m}^2\cdot\text{k]} \quad -dT/dx \text{ [K/m]} \quad k \text{ [w/m]}$$

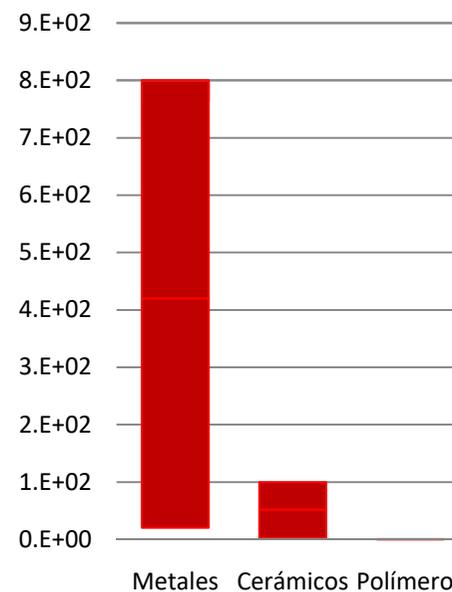


# Propiedades térmicas de la materia

## Conductividad térmica



### Rango de valores Conductividad



Componentes  
 $k = k_e + k_l$

$k_l \rightarrow$  fonones

$k_e \rightarrow$  electrones

Impurezas: -

Electrones libres: +

Cer alta temp: radiación +

Cer aumento T: -

Cristalinidad polímeros: +

Poros y burbujas: -

# Propiedades térmicas de la materia

## Dilatación térmica



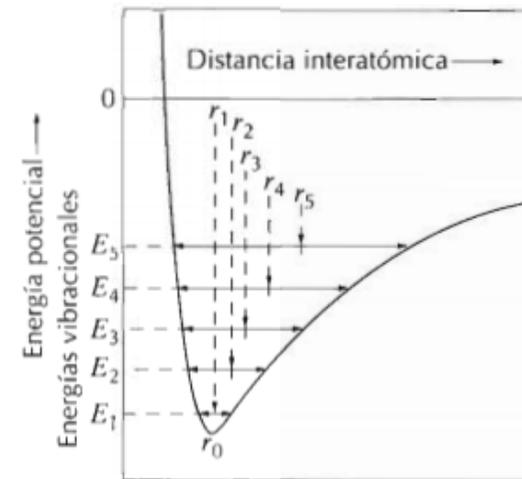
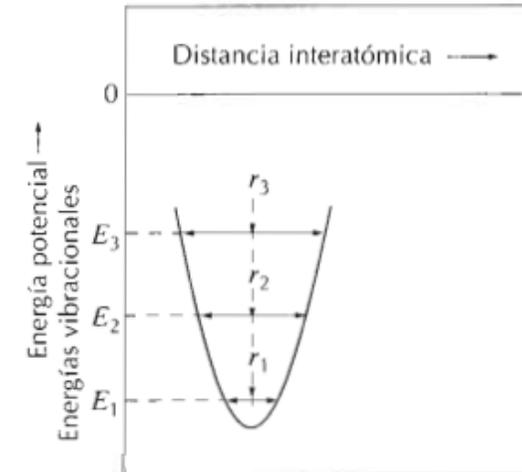
Dilatación lineal

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$$

El cambio de temperatura determina el cambio fraccional de longitud. Tal como muestra esta fórmula, se espera que un cambio en la temperatura de  $2^\circ\text{C}$ , llevará a una dilatación térmica del doble de la que se alcanzaría con un cambio de solo  $1^\circ\text{C}$ .

Este es el cambio fraccional en longitud, el cual es una cantidad natural al uso. Como se espera, una varilla de 4m se dilatará el doble que una de solo 2m. El cambio fraccional será el mismo.

Sustancias diferentes se dilatan cantidades diferentes. Por tanto, para cuantificar la dilatación, se necesita un coeficiente de dilatación experimental.



(a)

# Propiedades térmicas de la materia

## Dilatación térmica

### Dilatación lineal

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$\Delta L$  = dilatación lineal  
 $L_0$  = longitud inicial  
 $\Delta T$  = variación de temperatura  
 $\alpha$  = constante de proporcionalidad

### Dilatación superficial

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta T$$

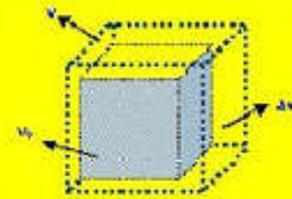
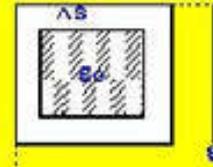
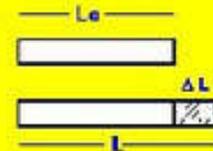
$\Delta S$  = dilatación superficial  
 $S_0$  = superficie inicial  
 $\Delta T$  = aumento de temperatura  
 $\beta = 2\alpha$

### Dilatación volumétrica

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

$\Delta V$  = dilatación volumétrica  
 $V_0$  = volumen inicial  
 $\Delta T$  = aumento de temperatura  
 $\gamma = 3\alpha$

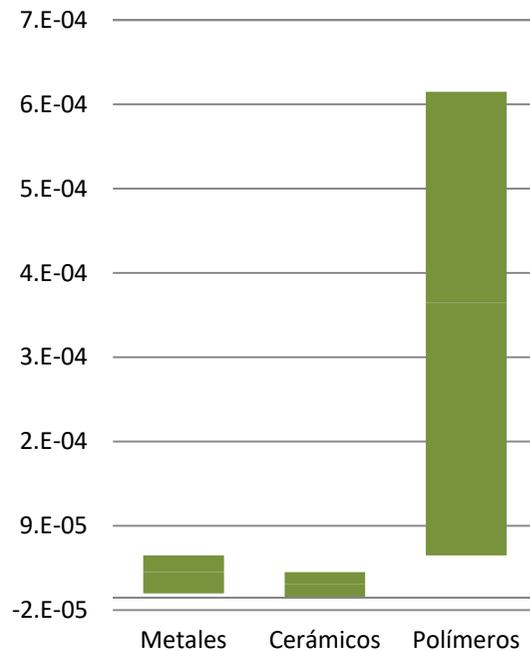
Coeficiente de dilatación lineal	
Sustancia	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$
Aluminio	$23 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Invar	$0,7 \times 10^{-6}$
Vidrio Común	$9 \times 10^{-6}$
Cinc	$25 \times 10^{-6}$
Vidrio Pirex	$3,2 \times 10^{-6}$
Tungsteno	$4 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Sílice	$0,4 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Diamante	$0,9 \times 10^{-6}$



# Propiedades térmicas de la materia

## Dilatación térmica

### Rango de valores coeficiente expansión lineal



Coef. 1/°C x10<sup>-6</sup>

Metales 5-25.

Cerámicos 0,5-15

Polímeros 50-300

Metales y cerámicos: enlace fuerte

Cerámicos: anisotropía

Polímeros: enlace intermolecular débil, grado de entrecruzamiento

# Propiedades térmicas de la materia

## Dilatación y contracción constreñida

$$\sigma = E\alpha_l(T_0 - T_f) = E\alpha_l\Delta T$$

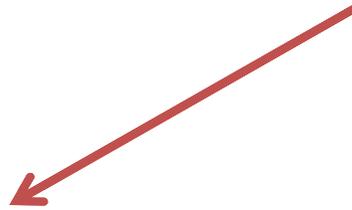
## Choque térmico

$$TSR \cong \frac{\sigma_f k}{E\alpha_l}$$

# Propiedades térmicas de la materia

## Dilatación y contracción constreñida

$$\sigma = E\alpha_l(T_0 - T_f) = E\alpha_l\Delta T$$



## Choque térmico

Cambios de temperatura en condiciones de constricción  
Enfriamientos o calentamientos bruscos  
Dilatación anisotrópica y no uniforme

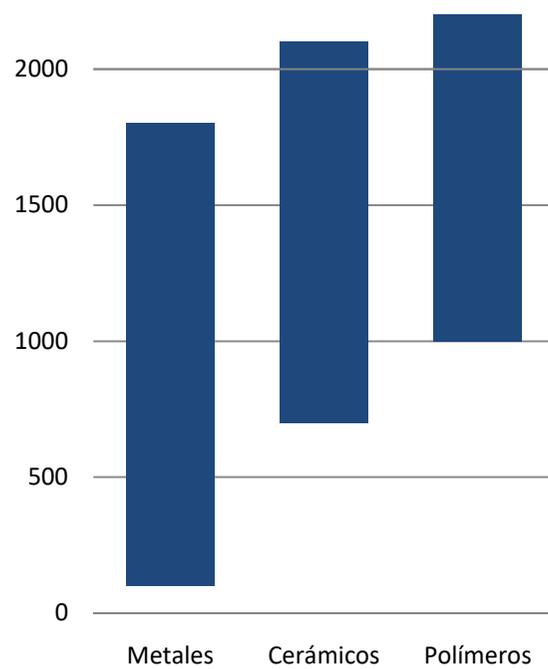


Deformación  
Rotura

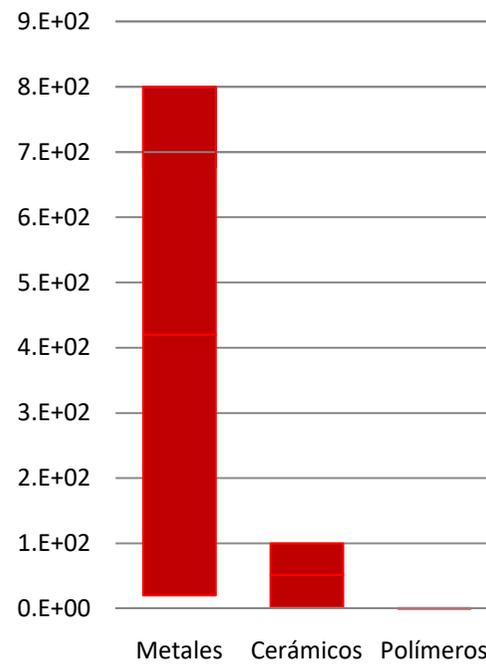
$$TSR \cong \frac{\sigma_f k}{E\alpha_l}$$

# Resumen

### Rango de valores Capacidad Térmica



### Rango de valores Conductividad



### Rango de valores coeficiente expansión lineal

