

Materiales cerámicos

Objetivos del capítulo

Identificar los elementos que componen este grupo de materiales

Conocer sus principales características y propiedades

Conocer los principales métodos de conformado

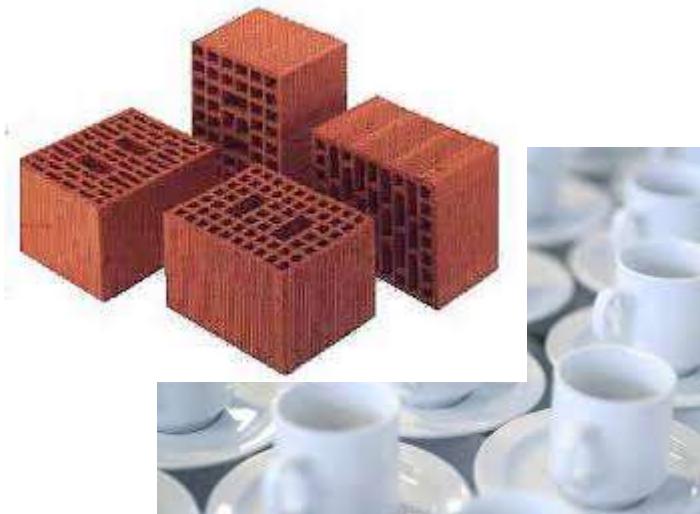
Conocer los usos habituales que se dan a este grupo de materiales

Materiales cerámicos

tradicional ← 60's → especiales o AT

Arcilla.

- porcelana
- ladrillos
- azulejos
- vidrios
- cerámicos refractarios



- industrias electrónica
- informática
- comunicación
- aeroespacial
- automovilística
- relojería



Materiales cerámicos

Estructuras cristalinas en cerámicos. Callister, W. D. y Reithwisch, D. G. (2018). Ciencia e ingeniería de materiales (2a. ed.). Editorial Reverté.
<https://elibro.net/es/ereader/bmayorunc/170298?page=103>

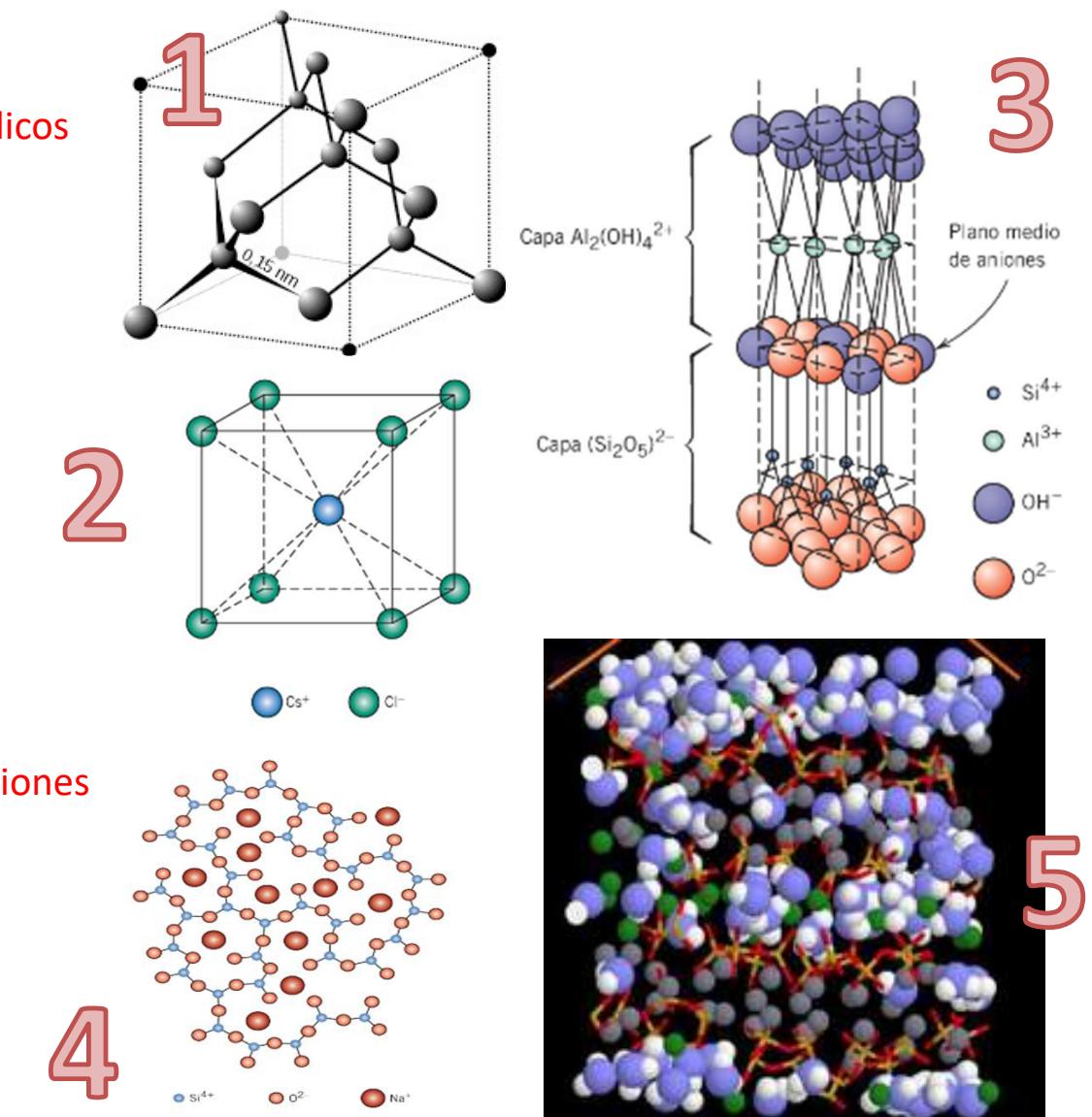
Materiales inorgánicos y no metálicos

- Combinan elementos metálicos y no metálicos
- Enlaces iónicos, covalentes y van der walls

- 1: diamante, 2: cloruro de calcio,
3: caolinita, 4: vidrio de sílice,
5: cemento (posible)

ESTRUCTURALMENTE

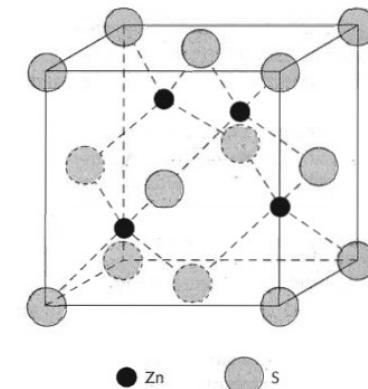
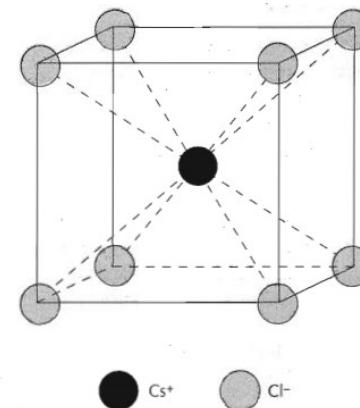
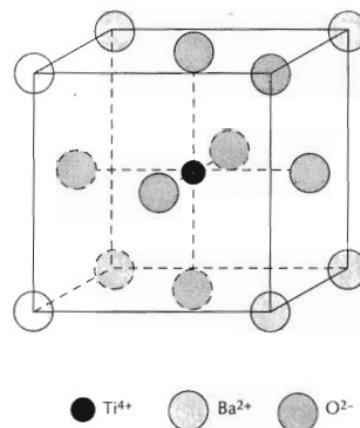
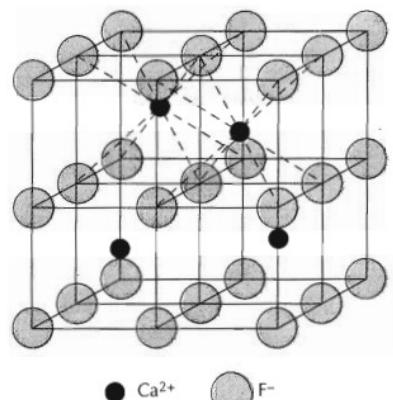
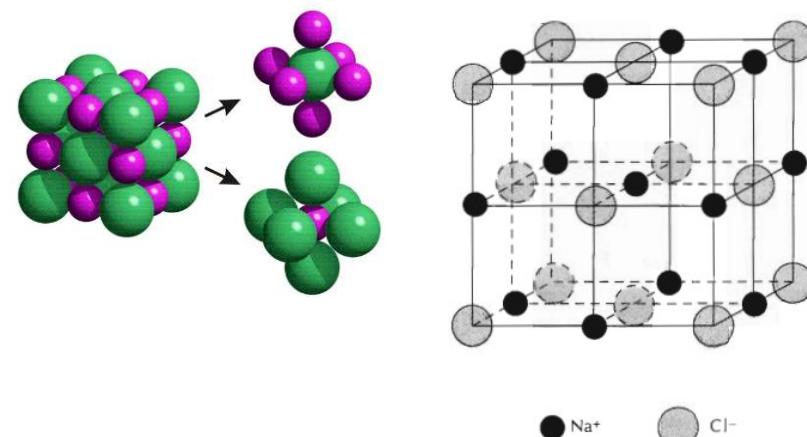
- Complejidad variable
- Uno o mas elementos
- Formados por conjunción de cationes y aniones
- Aniones simples (Cl^-) o complejos (SiO_4^{4-})
- Cationes: uno o más elementos
- Cristalinos y amorfos
- N° de coordinación y electroneutralidad



Materiales cerámicos

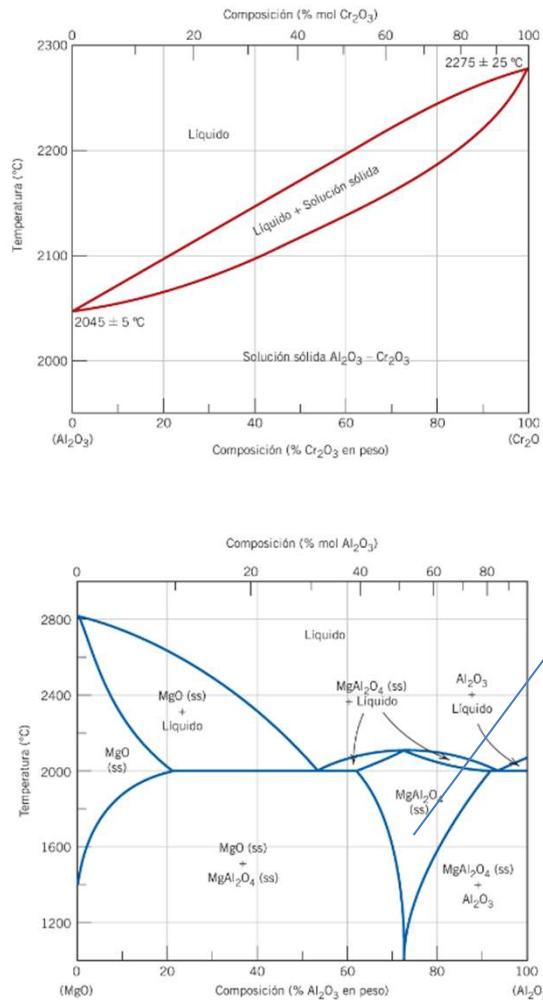
Tabla 13.3 Resumen de las estructuras cristalinas más comunes de los materiales cerámicos

Nombre de la estructura	Tipo de estructura	Empaquetamiento aniónico	Números de coordinación		Ejemplos
			Catión	Anión	
Cloruro sódico	AX	FCC	6	6	NaCl, MgO, FeO
Cloruro de cesio	AX	Cúbica simple	8	8	CsCl
Blenda (esfalerita)	AX	FCC	4	4	ZnS, SiC
Fluorita	AX ₂	Cúbica simple	8	4	CaF ₂ , UO ₂ , ThO ₂
Perouskita	ABX ₃	FCC	12(A) 6(B)	6	BaTiO ₃ , SrZrO ₃ , SrSnO ₃
Espinela	AB ₂ X ₄	FCC	4(A) 6(B)	4	MgAl ₂ O ₄ , FeAl ₂ O ₄



Materiales cerámicos

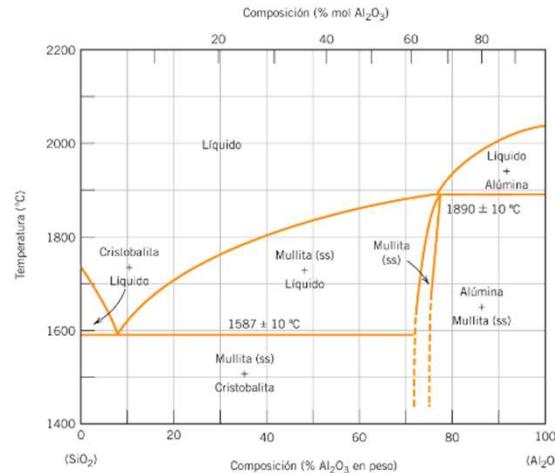
Diagramas de fase



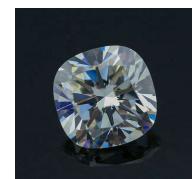
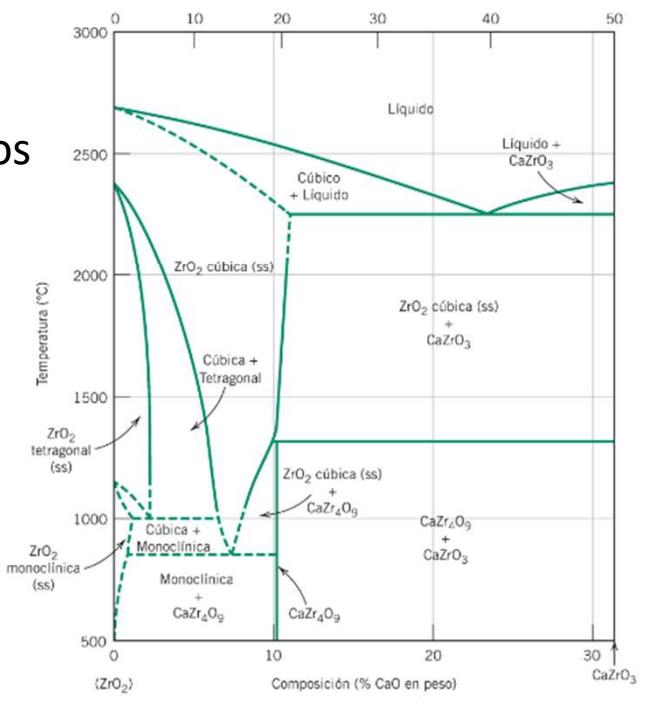
Soluciones sólidas
Compuestos estequiométricos
Compuestos no estequiométricos
Fases metaestables



Espinela
 MgAl_2O_4



Mullita
 $\text{Al}_{4+2x}\text{Si}_{2-2x}\text{O}_{10-x}$ ($x \sim 0.4$)



zirconia



Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

La mayoría son frágiles, elevada dureza y módulo de young

Ensayan por flexión tres o cuatro apoyos

Dispersión de los datos

Relacionado con la porosidad (defectos) y el tamaño de grano y la cristalinidad

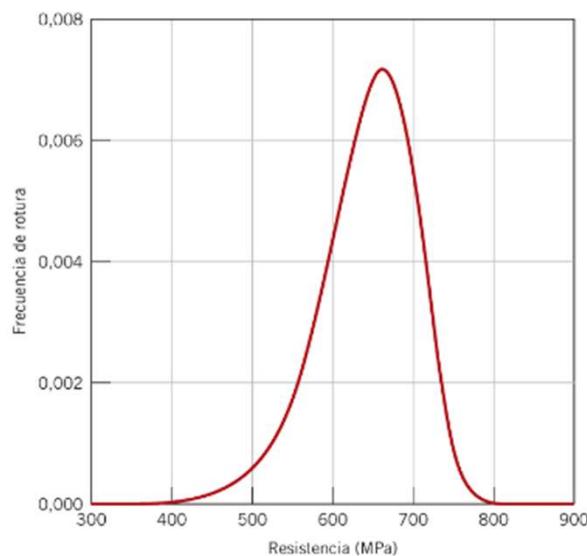


Figura 14.5 Distribución de las frecuencias de resistencia a rotura determinadas para un material de nitrógeno de silicio.

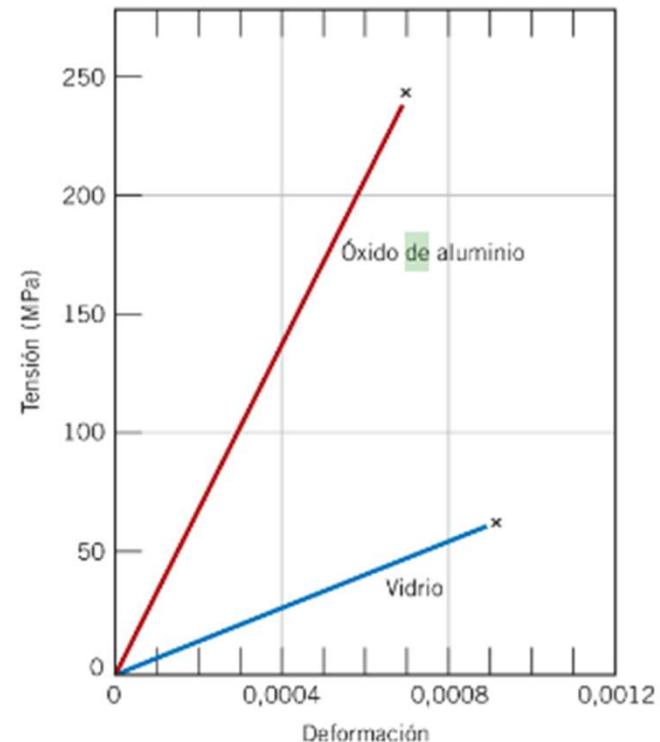
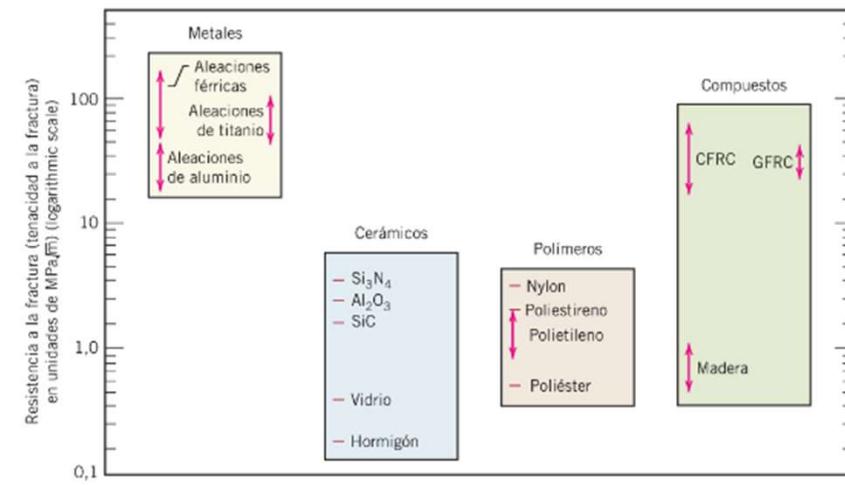
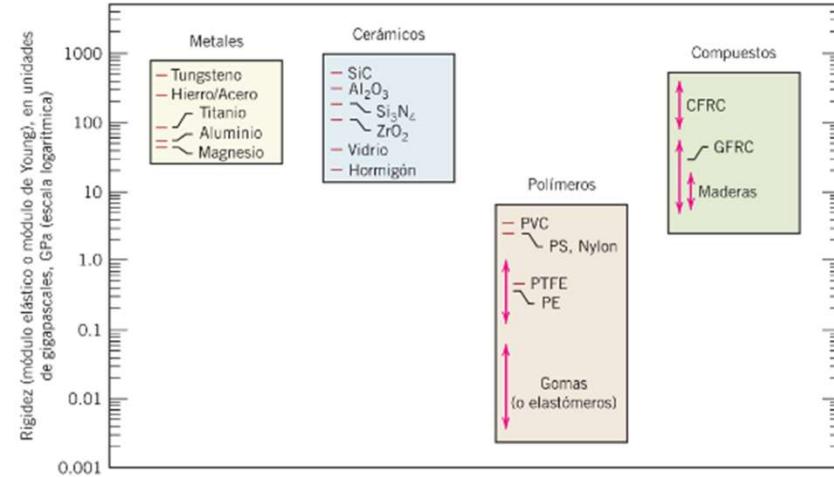
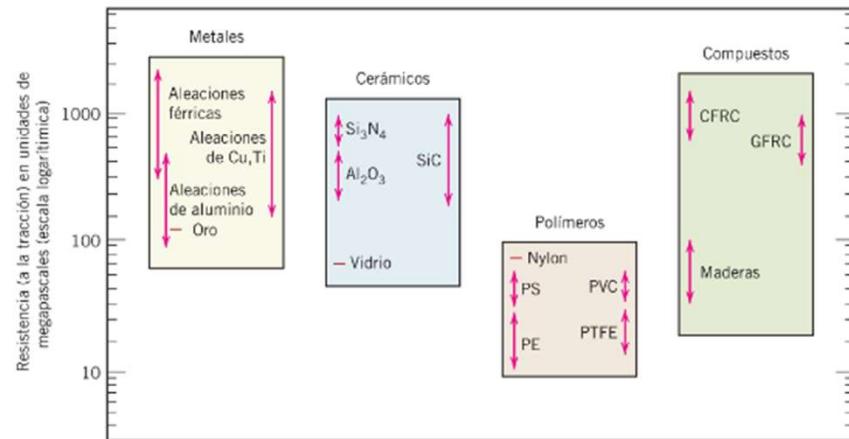


Figura 14.10 Curva típica tensión-deformación a rotura para el óxido de aluminio y el vidrio.

Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

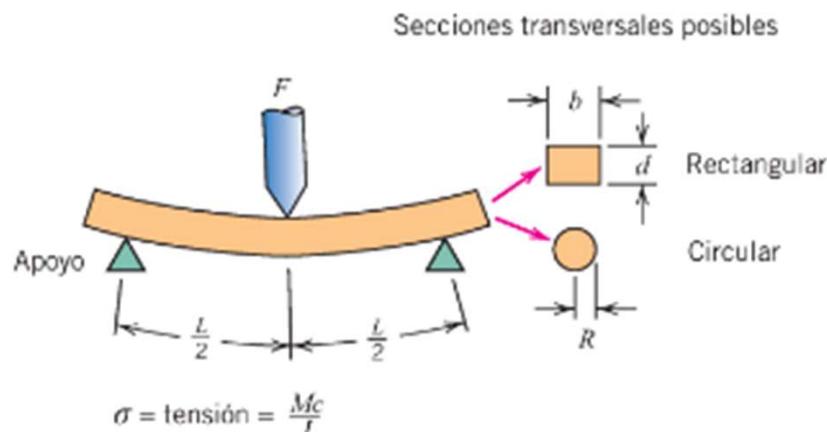


Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

Ensayan por flexión tres o cuatro apoyos

Figura 14.9 Esquema de ensayo de flexión por tres puntos para evaluar el comportamiento tensión-deformación y medir la resistencia a flexión en cerámicos frágiles. Se incluyen las expresiones para calcular tensiones en probetas con secciones transversales circulares y rectangulares.



donde M = momento máximo a flexión

c = distancia desde el centro de la probeta
a la fibra externa

I = momento de inercia de la sección transversal

F = carga aplicada

	\underline{M}	\underline{c}	\underline{I}	\underline{s}
Rectangular	$\frac{FL}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$	$\frac{3FL}{2bd^2}$
Circular	$\frac{FL}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{FL}{\pi R^3}$

Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

Dispersión de los datos \leftrightarrow distribución de los defectos / porosidad

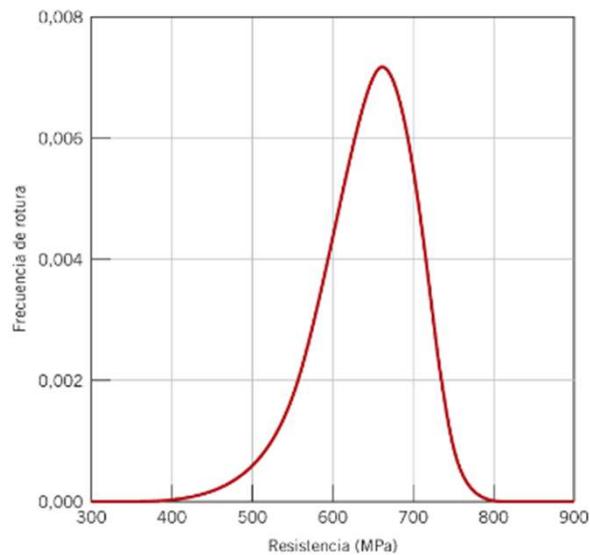


Fig1 distribución de Weibull

Tenacidad a la fractura

$$K_{Ic} = Y \sigma \sqrt{\pi a}$$

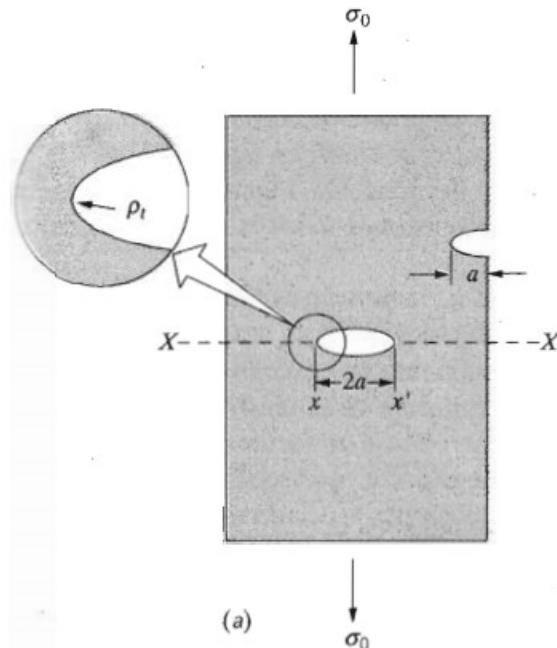
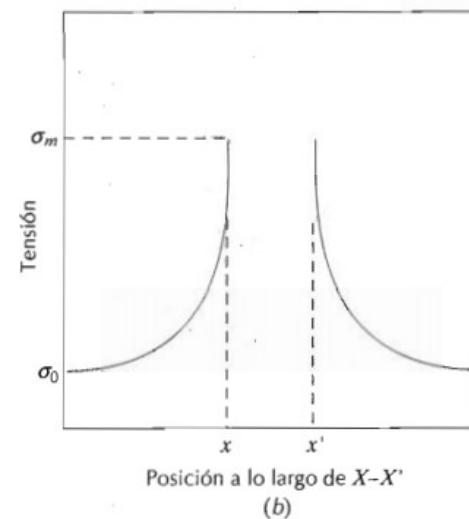


Fig2 Tracción y defectos internos
Caract: radio y longitud

Fig3 distribución de la tensión alrededor de un poro



$$\sigma_m = 2\sigma_0 \left(\frac{a}{r_t} \right)^{1/2}$$

Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

Determinación de porosidad

Determinación de la porosidad

Ensayo no destructivo

- Inmersión
- Rayos X
- Rayos gamma
- Tintas penetrantes

$$\text{Porosidad aparente} = \frac{W_w - W_d}{W_w - W_s} \times 100$$

$$\text{Porosidad real} = \frac{\rho - B}{\rho} \times 100,$$

$$\text{Densidad en masa} = B = \frac{W_d}{W_w - W_s}$$

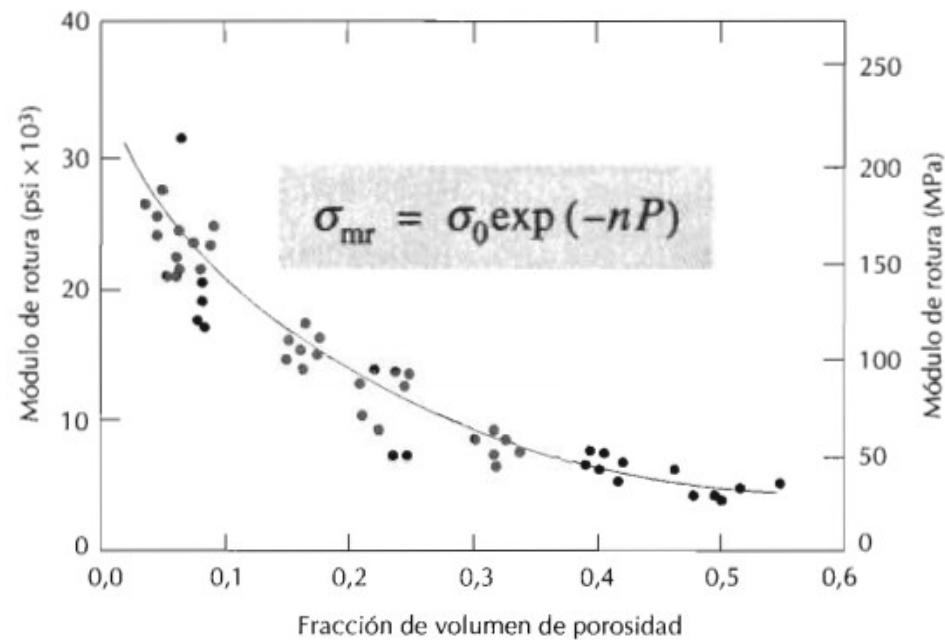
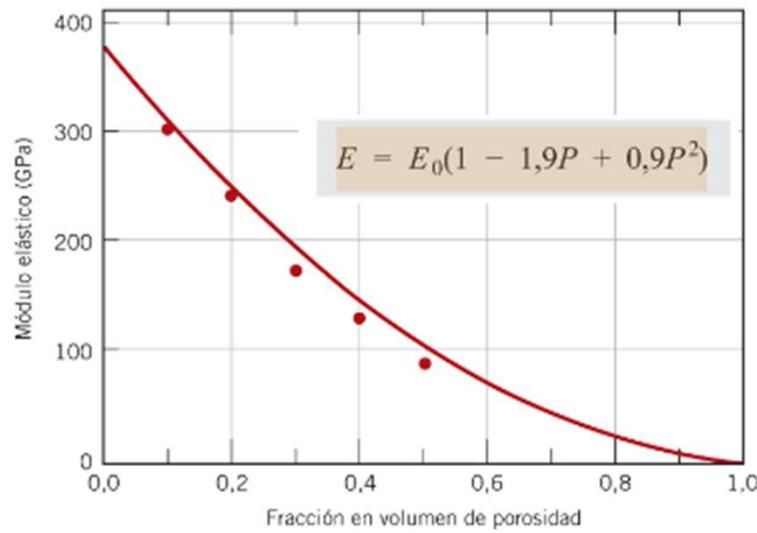
Materiales cerámicos

Propiedades mecánicas:

Fracción de poros

Afecta E y σ

Sección transversal efectiva de aplicación de la fuerza



Materiales cerámicos

CARACTERÍSTICAS:

Deformación - termofluencia

- Poco deformables
- Tamaño de grano
- Porosidad
- Se da a alta temperatura y bajo tensión

Cristalinos

Deslizamiento de los bordes de grano

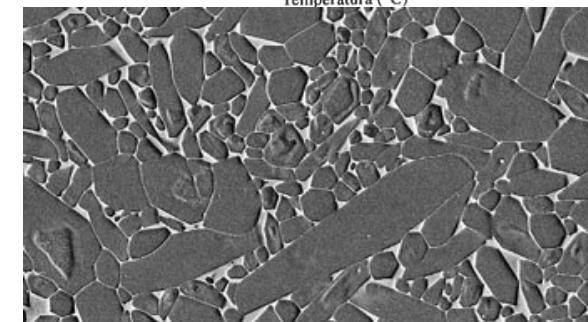
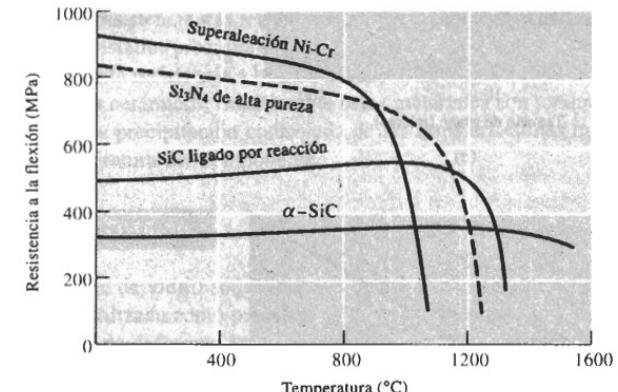


Mezcla

Deslizamiento de bordes facilitado por
flujo viscoso

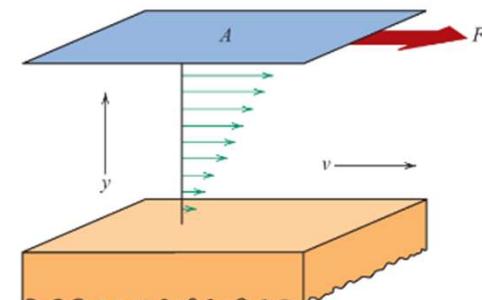
Amorfos

Deslizamiento viscoso



<https://www.ceramtec.es/materiales-ceramicos/nitrito-de-silicona/>

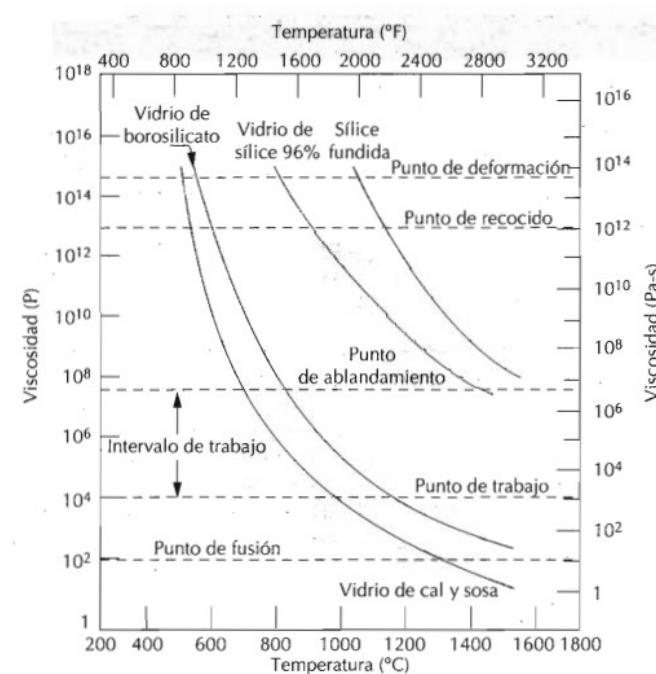
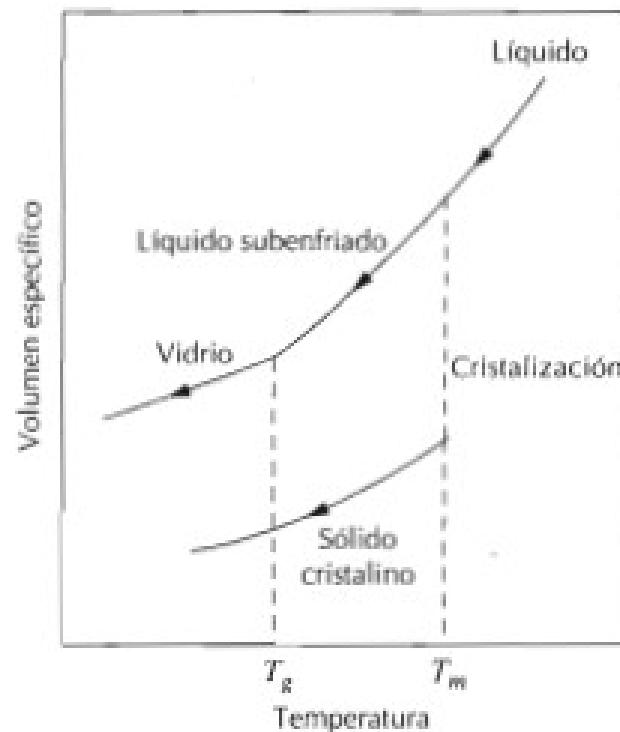
Figura 14.11 Representación esquemática del flujo viscoso de un líquido o de vidrio fluido en respuesta a una fuerza de cizalladura aplicada.



Materiales cerámicos

CARACTERÍSTICAS:

T_g, T_m



Materiales cerámicos

Clasificación:

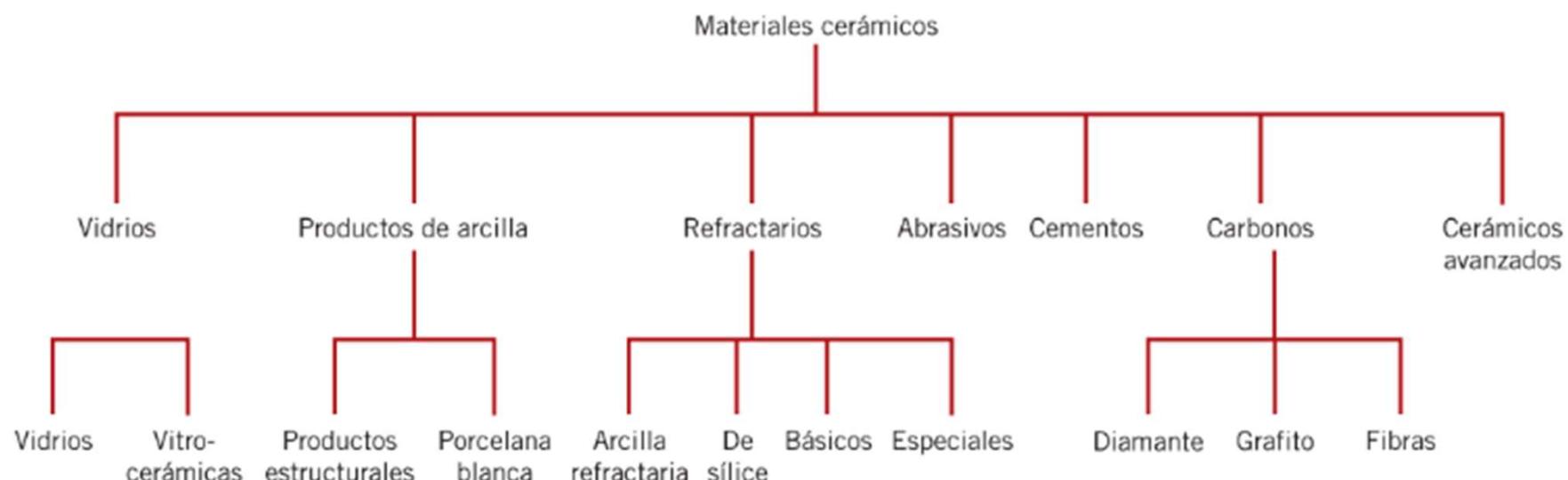


Figura 14.14 Clasificación de los materiales cerámicos en función de sus aplicaciones.

Callister, W. D. y Reithwisch, D. G. (2018). Ciencia e ingeniería de materiales (2a. ed.). Editorial Reverté.
<https://elibro.net/es/ereader/bmayorunc/170298?page=497>

Materiales cerámicos

Vidrios

Sin estructura cristalina

70% SiO_2 y Ca, Na, K, Al

Transparentes, coloreados, denso, químicamente inerte, libre de porosidad, fáciles de producir

T trabajo 1100°C



Vitrocáermicas:

Agentes nucleantes TiO_2

Policristalino

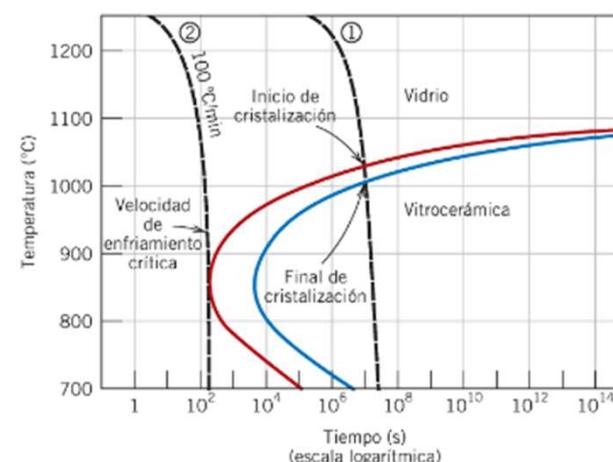


Figura 14.15 Diagrama de transformación por enfriamiento continuo para la cristalización de un vidrio lunar ($35,5\% \text{SiO}_2$, $14,3\% \text{TiO}_2$, $3,7\% \text{Al}_2\text{O}_3$, $23,5\% \text{FeO}$, $11,6\% \text{MgO}$, $11,1\% \text{CaO}$ y $0,2\% \text{Na}_2\text{O}$ en peso). Se han superpuesto al gráfico dos curvas de enfriamiento, indicadas como 1 y 2. (De *Glass: Science and Technology*, Vol 1, D. R. Uhlmann y N. J. Kreidl (Editores), "The Formation of Glasses", p. 22, copyright 1983, reproducción autorizada por Elsevier).

Referencia

Resistentes al choque térmico
Poca dilatación
Alta resistencia mecánica (vidrio)

Materiales cerámicos

Arcillas:

Alúmino silicatos + Mg, Fe, Li, Ni, Cu, Zn, Cr, Mn

Productos estructurales y porcelanas

Hidroplásticos->conformado, secado, cocción

Porosos



Caolín y feldespato
También sílice



Materiales cerámicos

Refractarios:

Alto punto de fusión

Resistencia al ataque químico

Baja conductividad térmica → porosidad

Resistencia mecánica



Refractorio	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
Ácidos					
Sílice	95-97				
Ladrillo refractario de alta resistencia	51-53	43-44			
Ladrillo refractario de alta alúmina	10-45	50-80			
Básicos					
Magnesita			83-93	2-7	
Olivina	43		57		
Neutros					
Cromita	3-13	12-30	10-20	12-25	30-50
Cromita-magnesita	2-8	20-24	30-39	9-12	30-50

De Ceramic Data Book, Cahners Publishing Co. 1982.

Refractarios
especiales

Materiales cerámicos

Abrasivos:

Alta dureza y tenacidad

Diamante, carburo de tungsteno, carburo de silicio, óxido de aluminio, sílice

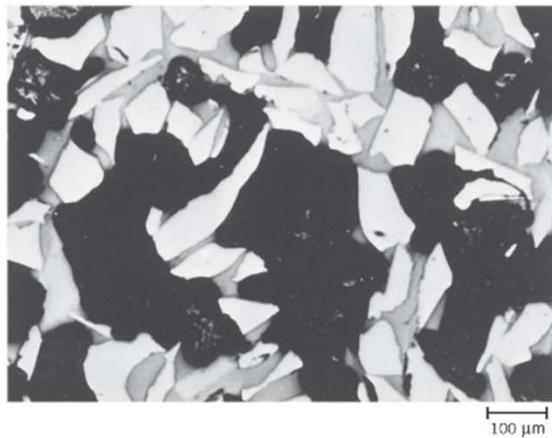


Figura 14.17 Microfotografia de un abrasivo cerámico de óxido de aluminio (alúmina) monolítico. Las zonas claras corresponden a los granos abrasivos de Al_2O_3 ; las zonas grises y oscuras son la fase ligante y los poros, respectivamente. $\times 100$. (De W. D. Kingery, H. K. Bowen y D. R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2^a edición, p. 568. Copyright © 1976 por John Wiley & Sons. Reproducción autorizada por John Wiley & Sons, Inc.).



Discos de tungsteno y diamante

Materiales cerámicos

Cementos:

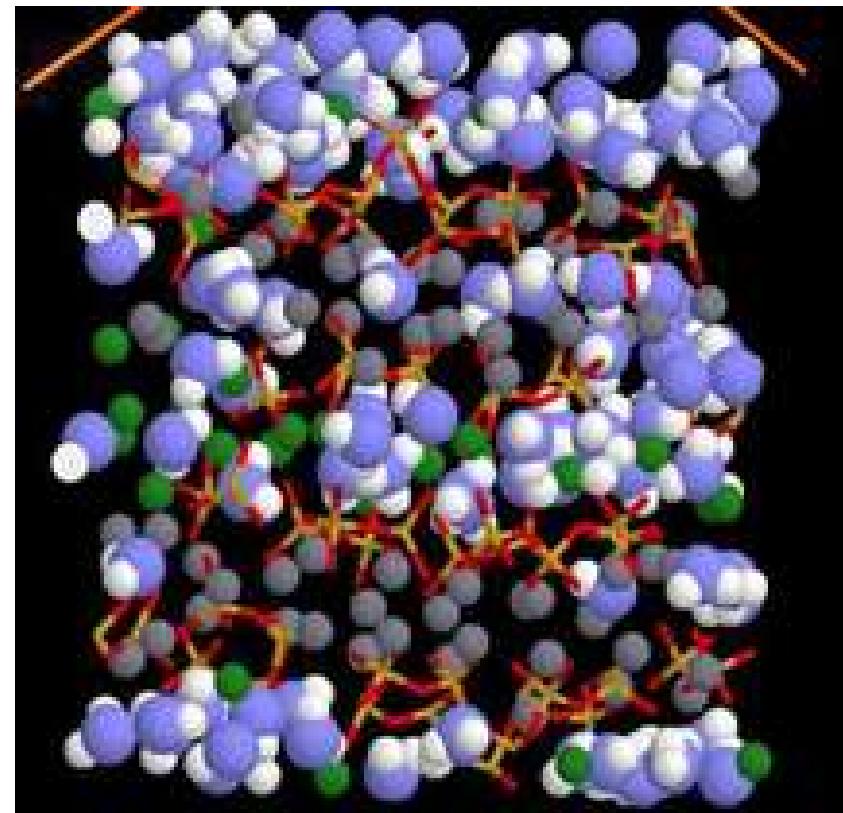
Ligan por reacción química

Cemento portland → formación de enlaces puente de hidrógeno por incorporación de agua. No seca

Cal → cementa por adición de CO₂ atmosférico

Cemento

Forma estructuras amorfas (geles) y cristalinas de elevada resistencia y adherencia



Materiales cerámicos

Familias de cerámicos:

- Carbono

Diamante, grafito, fullerenos, grafeno, nanotubos, amorfos

Fullerenos:

Enlaces covalentes, hibridación sp₂,sp₃

Resistente a alta temp y presión

Aceptan electrones → antioxidantes

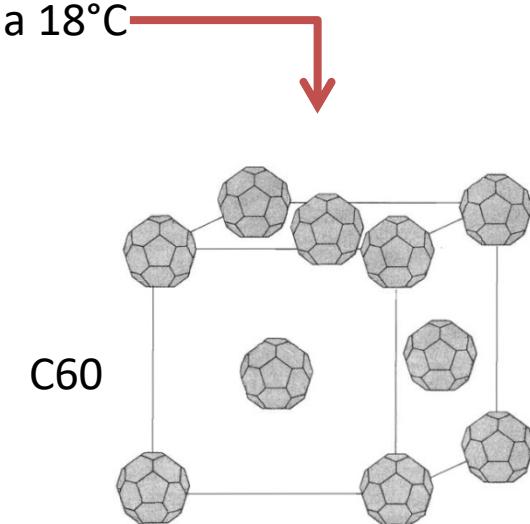
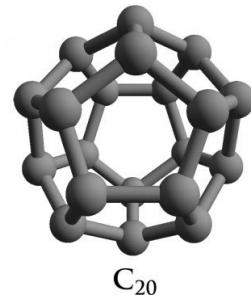
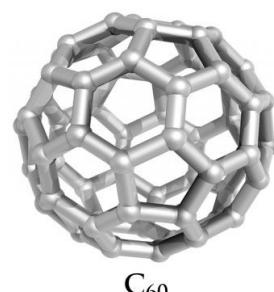
Dopado con litio → superconductor a 18°C

Dopado con Litio → semiconductor

Possible agente antiviral

Posibles usos en fotomedicina

Encapsulado de medicamentos



Materiales cerámicos

Familias de cerámicos:

- Carbono

Diamante, grafito, fullerenos, grafeno, nanotubos, amorfos

Grafeno y nanotubos

Generación de superplásticos (militar- **200 veces mas resistente que el acero, 5 veces mas liviano que el aluminio**)

Electrónica flexible

Paneles solares orgánicos

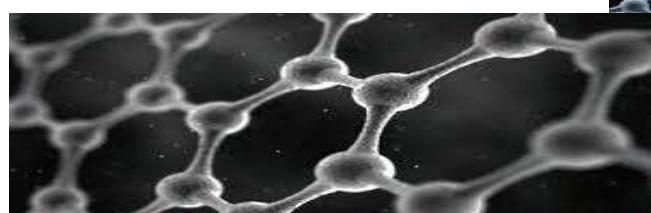
Disipadores de calor

Membranas eletroacústicas

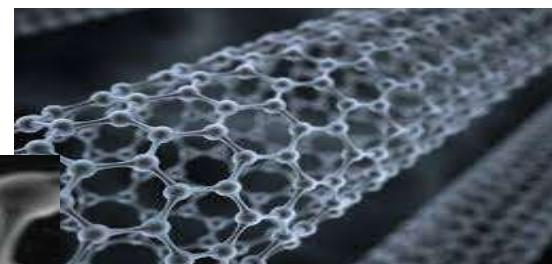
Tinta electrónica

Purificación de agua

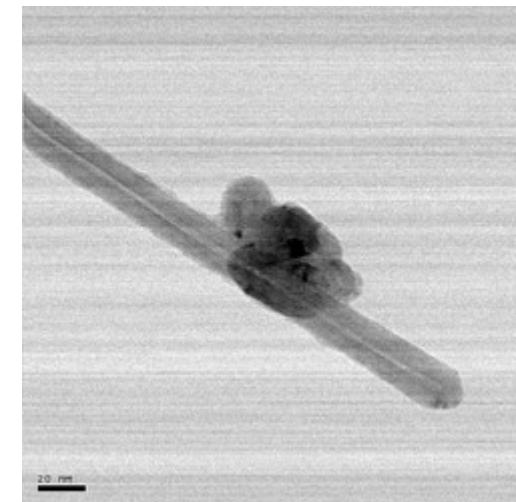
Paneles solares orgánicos



grafeno



nanotubo



microfotografía electrónica
nanotubo

Materiales cerámicos

Familias de cerámicos:

- Carbón

Diamante, grafito, fullerenos, grafeno, nanotubos, amorfos

- Amorfos

Combustión incompleta de material carbonoso

Estructura desorganizada

Enlaces sp₂, sp₃

Utilizado como pigmento

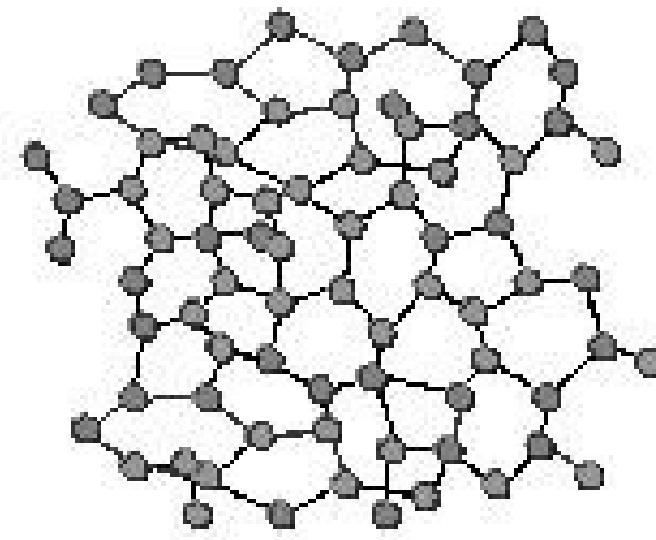
Combustible

Lubricante

Electrónica como película (dureza)

Carga en polímeros

Adsorbente químico



Materiales cerámicos

Densidad

Propiedades ópticas

Propiedades eléctricas

Propiedades térmicas

