

## 6. MATERIALES CERÁMICOS

### 6.1 Estructura de los cerámicos

- Enlace atómico: parcial o totalmente iónico
- Iones metálicos: cationes (ceden sus electrones, +), aniones (aceptan electrones, -).
- Estructuras cristalinas, compuestas de dos o más elementos.
- La estructura está determinada por: el valor de la carga eléctrica de los iones (el cristal debe ser eléctricamente neutro) y los tamaños relativos de los cationes y aniones (número de coordinación).

#### a) Estructura cristalina tipo XY (X: catión, Y: anión)

- Igual número de cationes y aniones.
- Ejemplos: cloruro de sodio (NaCl), cloruro de cesio (CsCl), blenda (ZnS), etc.

Fig. 6.1 Enlace iónico

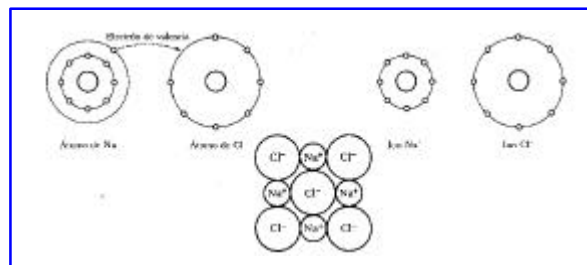
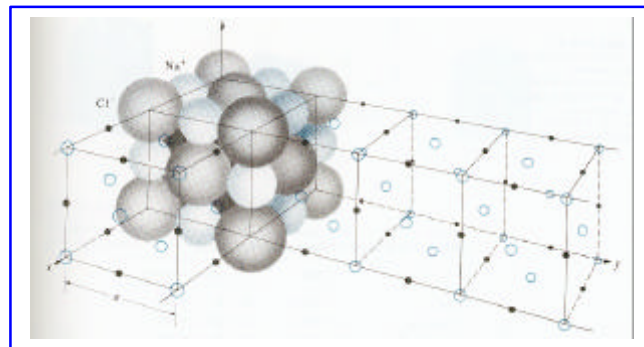


Fig. 6.2 Estructura del NaCl

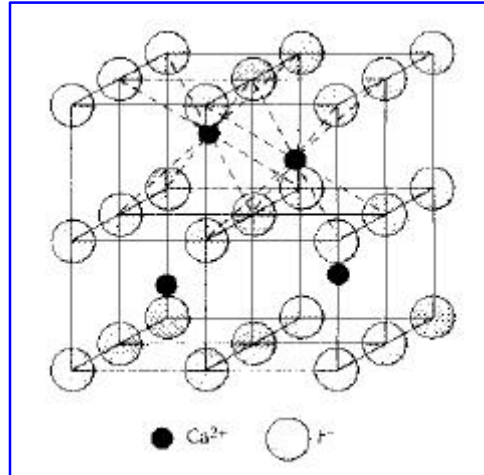


#### b) Estructura cristalina tipo $X_mY_p$

- Número de cationes distinto del número de aniones
- $m$  y  $p$  son diferentes de 1.
- Ejemplos: fluorita ( $\text{CaF}_2$ ),  $\text{UO}_2$ ,  $\text{ThO}_2$ , etc.

Fig. 6.3 Flurita ( $\text{CaF}_2$ )

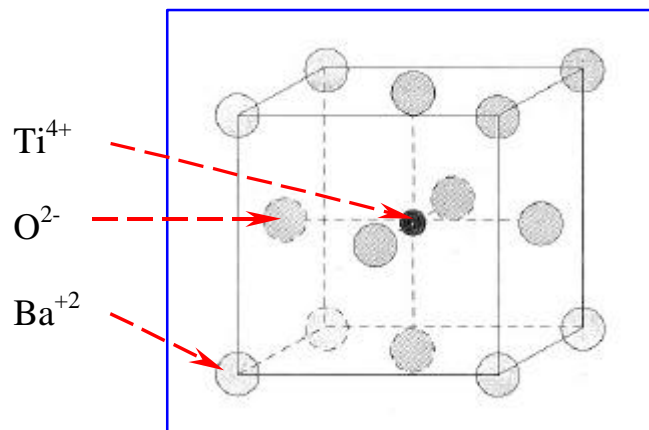
( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ )



c) *Estructura cristalina tipo  $X_mZ_nY_p$*

- Dos tipos de cationes (X y Z) y un anión (Y)
- Ejemplos: perouskita ( $\text{BaTiO}_3$ ),  $\text{SrZrO}_3$ ,  $\text{SrSnO}_3$ , espinela ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ ).

Fig. 6.4 Perouskita ( $\text{BaTiO}_3$ )



d) *Densidad r de los cerámicos cristalinos*

$$\rho = \frac{n(\sum A_Y + \sum A_X)}{V_c N_A}$$

n: N° de iones

$\sum A_Y$ ,  $\sum A_X$ : suma de pesos atómicos de cationes y aniones, respectivamente

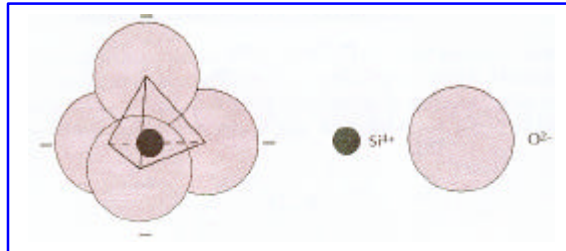
$V_c$ : volumen de la celda unitaria

$N_A$ : N° de Avogadro ( $6,023 \times 10^{23}$  iones/mol).

## 6.2 Cerámicas formadas por silicatos

- Silicatos: materiales compuestos formados principalmente por silicio y oxígeno (mayoría de suelos, rocas, arcillas y arenas)
- En vez de combinación de celdas unitarias, se usa combinación de tetraedros  $\text{SiO}_4^{4-}$ .

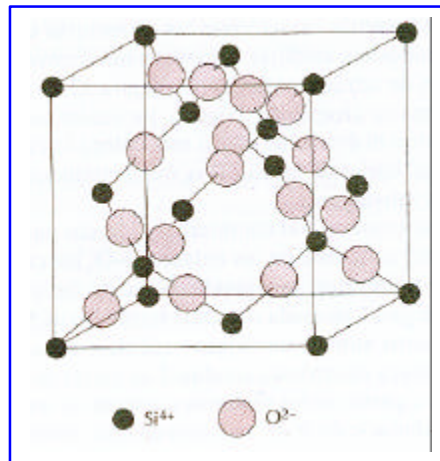
Fig. 6.5 Tetraedro de  $\text{SiO}_4^{4-}$



### a) Sílice

- Silicato más simple: dióxido de silicio ó sílice

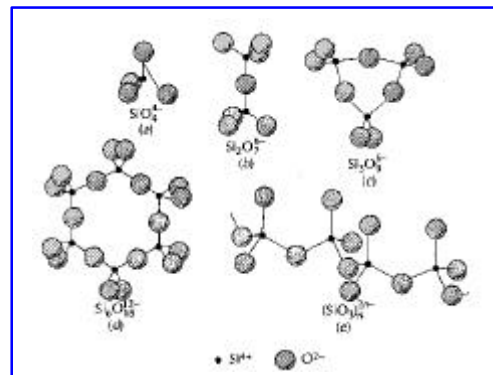
Fig. 6.6 Sílice ( $\text{SiO}_2$ )



### b) Silicatos más complejos

- Uno, dos o tres de los átomos de oxígeno del tetraedro son compartidos por otros tetraedros.
- Ejemplos:  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$ ,  $\text{Si}_3\text{O}_9^{6-}$ , etc.
- Cationes, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Al}^{3+}$ , compensan las cargas negativas de los tetraedros  $\text{SiO}_4^{4-}$  de manera que alcancen la neutralidad y sirven de enlace iónico entre los tetraedros  $\text{SiO}_4^{4-}$ .

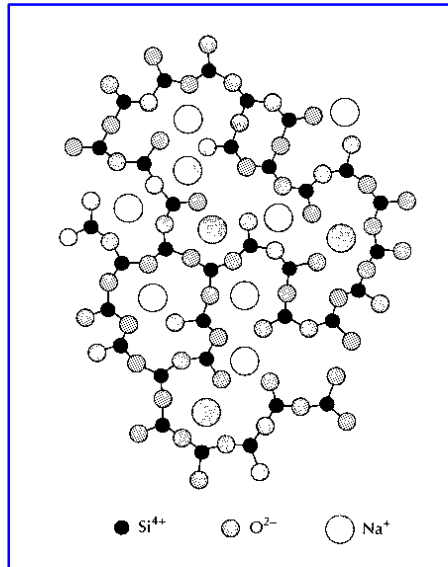
Fig. 6.7 Estructuras de iones de Silicatos formados a partir de  $\text{SiO}_4^{4-}$



c) Vidrios de sílice

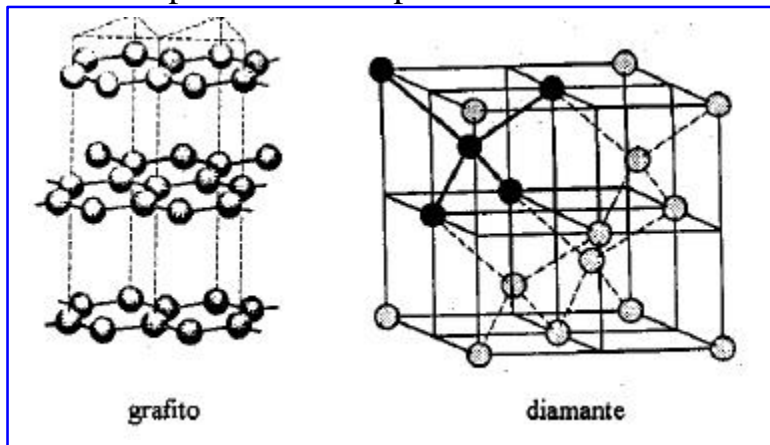
- Sólido no cristalino, con un alto grado de distribución al azar.
- Vidrios inorgánicos comunes (recipientes, ventanas, etc.): vidrios de sílice más óxidos ( $\text{CaO}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ ). Los cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) enlazan los tetraedros, dando forma a una estructura vítrea, más probable que una cristalina.

Fig. 6.8 Representación de un vidrio de sílice con sodio.



### 6.3 Carbono

- Existe en varias formas polimórficas y en estado amorfo.
- Carboncillo: amorfo
- Grafito : compuesta por capas, los átomos de C de cada capa unidos con enlaces covalentes, y entre capas unidos por fuerzas de Van der Waals. Propiedades anisotrópicas.
- Diamante: poliformo metaestable de C a temperatura ambiente y presión atmosférica. Cada átomo de C está unido con otros cuatro, con enlaces covalentes. Propiedades isotrópicas.



## 6.4 Propiedades mecánicas de los cerámicos

### a) Tenacidad de fractura

- Fractura frágil
- Tenacidad de fractura  $K_{IC}$ : capacidad de un cerámico para resistir la fractura, cuando se ha formado una grieta.

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

Y: parámetro adimensional, función de la geometría de la probeta y de la grieta.

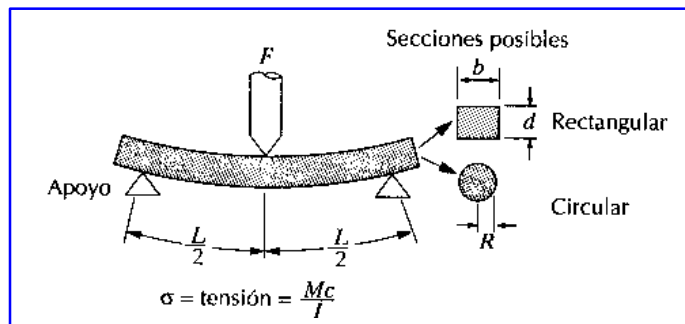
$\sigma$ : tensión aplicada

a: longitud de una grieta superficial o mitad de una grieta interna.

### b) Módulo de ruptura $S_{mr}$

- $\sigma_{mr}$ : resistencia a la flexión, tensión a la fractura en ensayo de flexión.

Fig. 6.10 Ensayo de flexión por tres puntos



M: momento de flexión máx.

c: distancia desde el centro de la probeta a las fibras externas

I: momento de inercia

i) Sección rectangular:  $\sigma_{mr} = \frac{3F_f L}{2bd^2}$

ii) Sección circular:  $\sigma_{mr} = \frac{3F_f L}{\pi R^3}$

$F_f$ : carga de fractura

L: distancia entre puntos de apoyo

**c) Influencia de la porosidad**

- En la fabricación del cerámico (compactación de polvos) se forman poros
- En el tratamiento que le sigue al conformado se elimina gran parte de estos poros, quedando porosidad permanente.
- Porosidad tiene efecto negativo en las propiedades mecánicas.
- El módulo de elasticidad  $E$  disminuye con la fracción de volumen  $P$  de porosidad:  $E = E_0 (1 - 1.9 P + 0.9 P^2)$ ;  $E_0$  es el módulo de elasticidad del material sin poros.

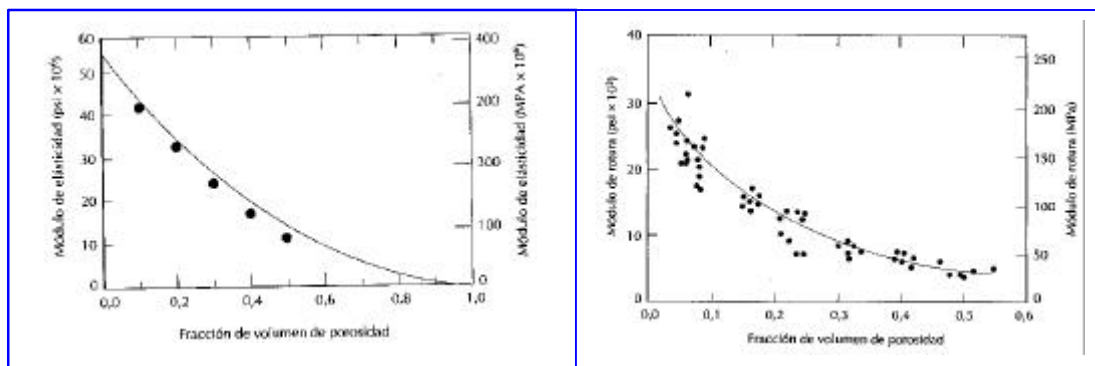
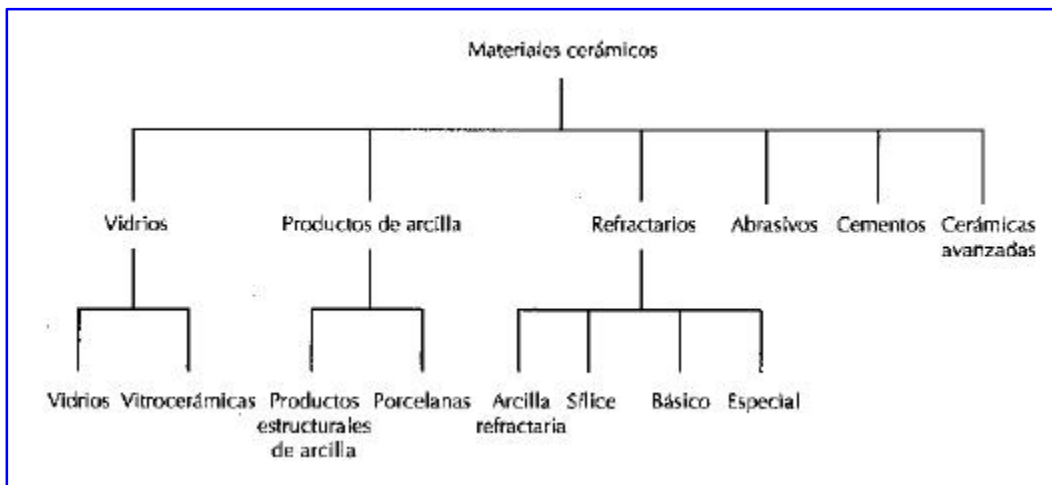


Fig. 6.11. Influencia de la fracción volumétrica de porosidad en el módulo de elasticidad y en el módulo de ruptura.

***Clasificación de los cerámicos de acuerdo a su aplicación***



## **Arcillas y porcelanas**

- Arcillas: aluminosilicatos (alúmina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y sílice,  $\text{SiO}_2$ ) más agua. Ejemplos: ladrillos de construcción, baldosas, tuberías de agua residuales.
- Porcelanas: aluminosilicatos, adquieren el color blanco después de la cocción a altas temperaturas. Ejemplos: alfarería, vajillas, artículos sanitarios, etc.
- Estructura de las arcillas y porcelanas: caolinita  $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$

## **Refractarios**

- Mezcla de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , y a veces  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ .
- Capacidad de soportar altas temperaturas sin fundir ni descomponerse, no reaccionan cuando son expuestos a medios agresivos. Capacidad de producir aislamiento térmico.
- Ejemplos: revestimientos de hornos.
- Arcillas refractarias: mezclas de arcillas refractarias de alta pureza (alúmina y sílice), con un 25 a 45 % de alúmina)
- Refractarios de sílice: principal ingrediente es la sílice.
- Refractarios básicos: refractarios ricos en periclasa ( $\text{MgO}$  calcinada).
- Refractarios especiales: óxidos de alta pureza, como alúmina, sílice, magnesia, circonita ( $\text{ZrO}_2$ ), mullita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3-2\text{SiO}_2$ ); otros son compuestos de carburos (por ejemplo  $\text{SiC}$ ), carbón y grafito.

### Técnicas de conformado de los materiales cerámicos

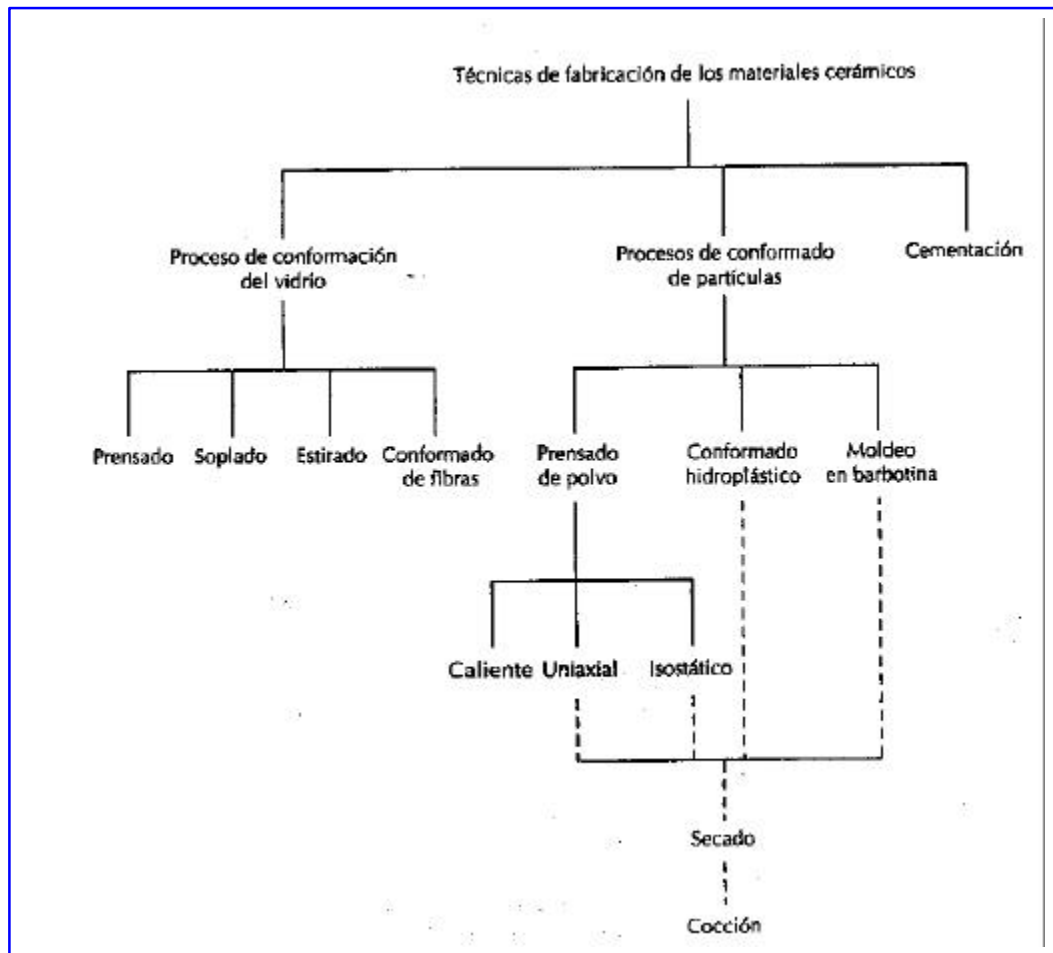
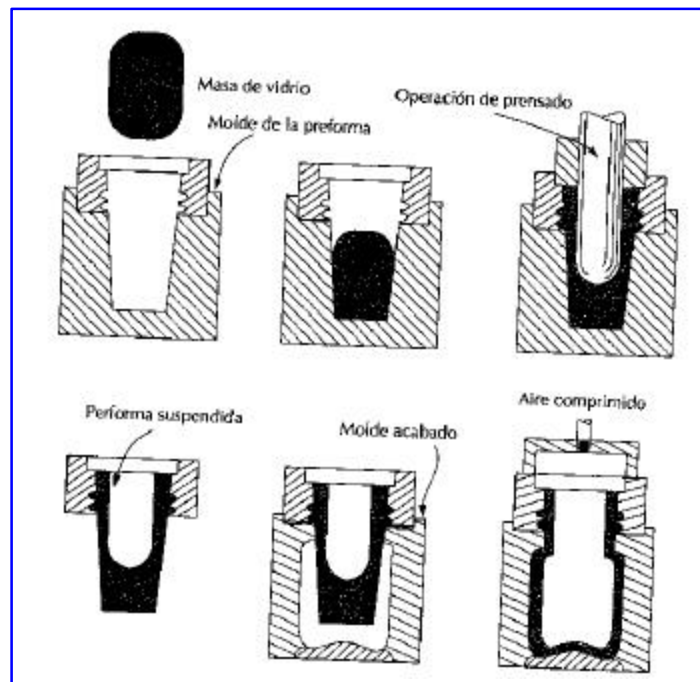


Fig. 6.14 Prensado y soplado de vidrio para fabricar una botella.





### 6.15. Moldeo y Sinterización

