

Tema 2 - Materiales No Metálicos

Tema 2 – Capítulo 7 - Materiales Cerámicos.

MATERIALES CERÁMICOS:

DEFINICIÓN

- Inorgánicos.
- Generalmente cristalinos.
- Constituidos por elementos metálicos y no metálicos.
- Enlaces iónicos ó covalentes.
- Obtenidos a partir de polvos y posterior proceso de sinterización a elevadas temperaturas.

MATERIALES CERÁMICOS: RESEÑA HISTÓRICA.

- Uso desde las primeras civilizaciones.
- Cerámicos de alta tecnología o cerámicos avanzados (2-3 últimas décadas).

MATERIALES CERÁMICOS:

PROPIEDADES

- Alta dureza.
- Alta resistencia a compresión.
- Baja conductividad térmica y eléctrica (si bien existen cerámicas superconductoras).
- Elevada estabilidad química con la temperatura.
- “Ligeros”.
- Puntos débiles: fragilidad y escasa fiabilidad.

MATERIALES CERÁMICOS:

CLASIFICACIÓN

POR SU ORIGEN

- CERÁMICAS NATURALES.
- CERÁMICAS TRANSFORMADAS.
- CERÁMICAS SINTÉTICAS.

POR SU CAMPO DE APLICACIÓN

- VIDRIOS.
- ARCILLA COCIDA.
- ABRASIVOS.
- REFRACTARIOS.
- CEMENTOS.
- CERÁMICAS AVANZADAS.

MATERIALES CERÁMICOS:

ESTRUCTURA

- ESTRUCTURA ATÓMICA:
 - CRISTALINA.
 - AMORFA O VÍTREA.
- LOS POROS COMO PARTE DE LA ESTRUCTURA.

MATERIALES CERÁMICOS: CLASIFICACIÓN POR SU ESTRUCTURA.

- CERÁMICAS IONICAS.
- CERÁMICAS COVALENTES.
- SÍLICE Y SILICATOS.
- ALEACIONES CERÁMICAS.
- CERÁMICAS CRISTALINAS.
- VIDRIOS CERÁMICOS.
- CERÁMICAS VÍTREAS.

MATERIALES CERÁMICOS: CERÁMICAS IONICAS

- FORMADAS POR UN METAL + UN NO METAL:
UNIÓN POR ATRACCIÓN ELECTROSTÁTICA ENTRE
+ y -.
- EJEMPLOS:
 - HALITA: NaCl.
 - ALUMINA: Al₂O₃. (cerámica estructural, usada para corte, abrasivo, refractario,...)
 - ZIRCONA: ZrO₂. (cerámica ingenieril, usada como superficie antidesgaste).
 - MAGNESIA: MgO. (cerámica ingenieril, usada en hornos como refractario, punto de fusión > 2000 °C).

MATERIALES CERÁMICOS: CERÁMICAS COVALENTES

- Formadas por dos NO METALES: unión por uso compartido de electrones entre átomos vecinos.
- EJEMPLOS:
 - SILICE: SiO_2
 - DIAMANTE: C
 - SILICIO: Si
 - GRAFITO: C
 - CARBURO DE SILICIO: SiC.(cerámica estructural muy dura, equivale a sustituir la en la estructura del diamante la mitad de los carbonos por silicio).
 - Si_3N_4 : (cerámica usada como cojinete en motores).

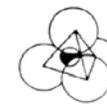
MATERIALES CERÁMICOS:

SÍLICE Y SILICATOS

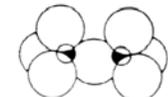
- ABUNDANTES Y BARATOS.
- La unidad básica es la que resulta si sustituimos los C en el diamante por tetraedros de SiO_4 .

- EJEMPLOS:

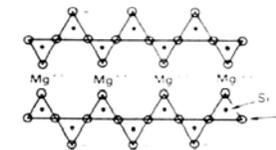
- Monómeros.
- Dímeros.
- Estructuras de cadena.
- Estructuras laminares. (arcillas capas de silicato lubricadas por capas de agua).
- Redes tridimensionales. (sílice pura).



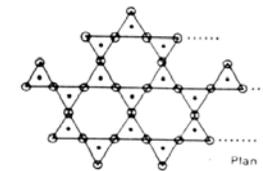
a) Monómero



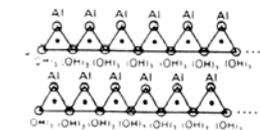
b) dímero de



c) cadena de silicatos (Mg)



d) silicato laminar



Elevaci

MATERIALES CERÁMICOS: ALEACIONES CERÁMICAS

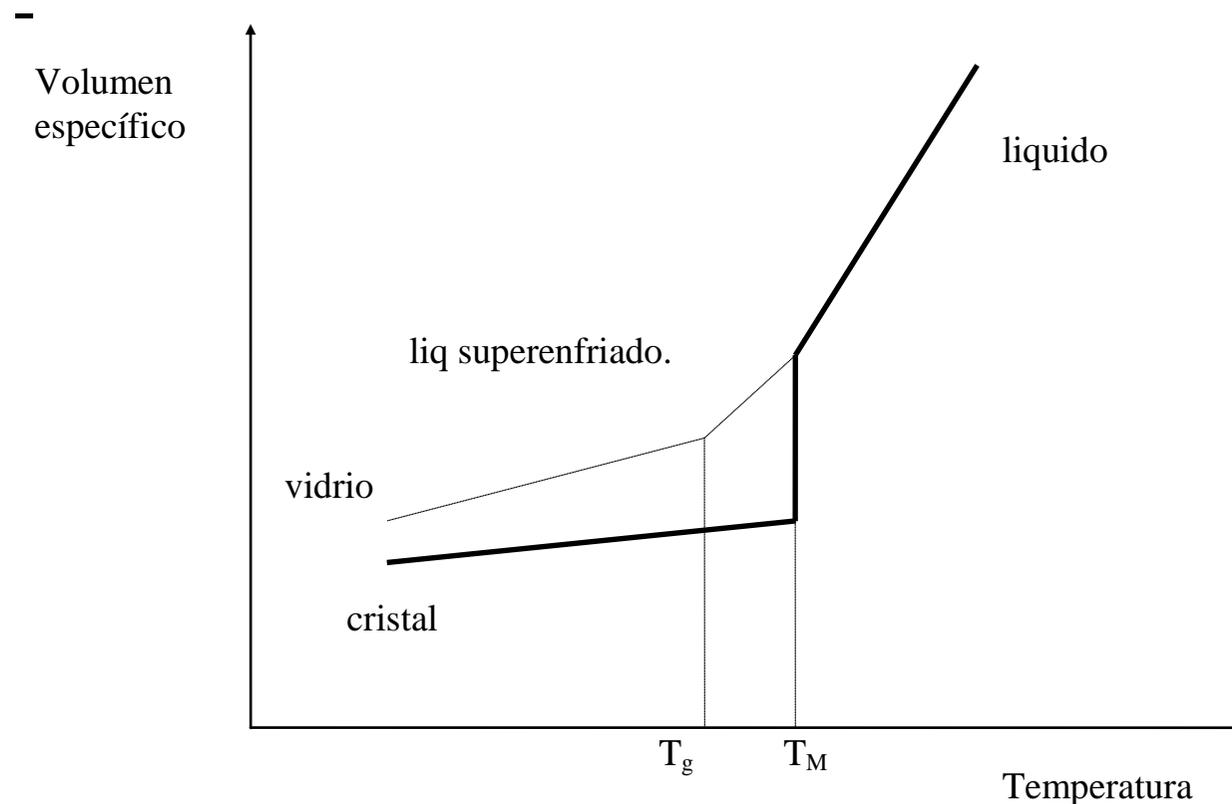
- Las cerámicas al igual que los metales forman aleaciones unas con otras.
- En las aleaciones de metales se busca aumentar:
 - límite elástico.
 - la resistencia a la fatiga
 - ó la resistencia a la corrosión.
- En las aleaciones cerámicas se busca:
 - Mejorar tenacidad.
 - Conseguir densificación total.

MATERIALES CERÁMICOS: CERÁMICAS CRISTALINAS

- Forman microestructuras policristalinas.
- En la microestructura veremos: granos, bordes de grano, poros anclados entre granos, microgrietas.
- Los niveles de porosidad pueden llegar al 20 %.
- Los poros y las microgrietas debilitan el material, sobretodo éstas últimas.

MATERIALES CERÁMICOS: VIDRIOS CERÁMICOS

- Se caracterizan por su ordenación atómica en cortas distancias.
- Método de obtención de una cerámica vítrea. temperatura de transición vítrea.



- Consecuencias de la estructura abierta de los vidrios:
 - **Modificadores:** átomos de diferentes especies que rompen la continuidad de la red de la estructura abierta de los vidrios.
 - **Formadores:** átomos de diferentes especies que contribuyen a la formación de la red de la estructura abierta de los vidrios.

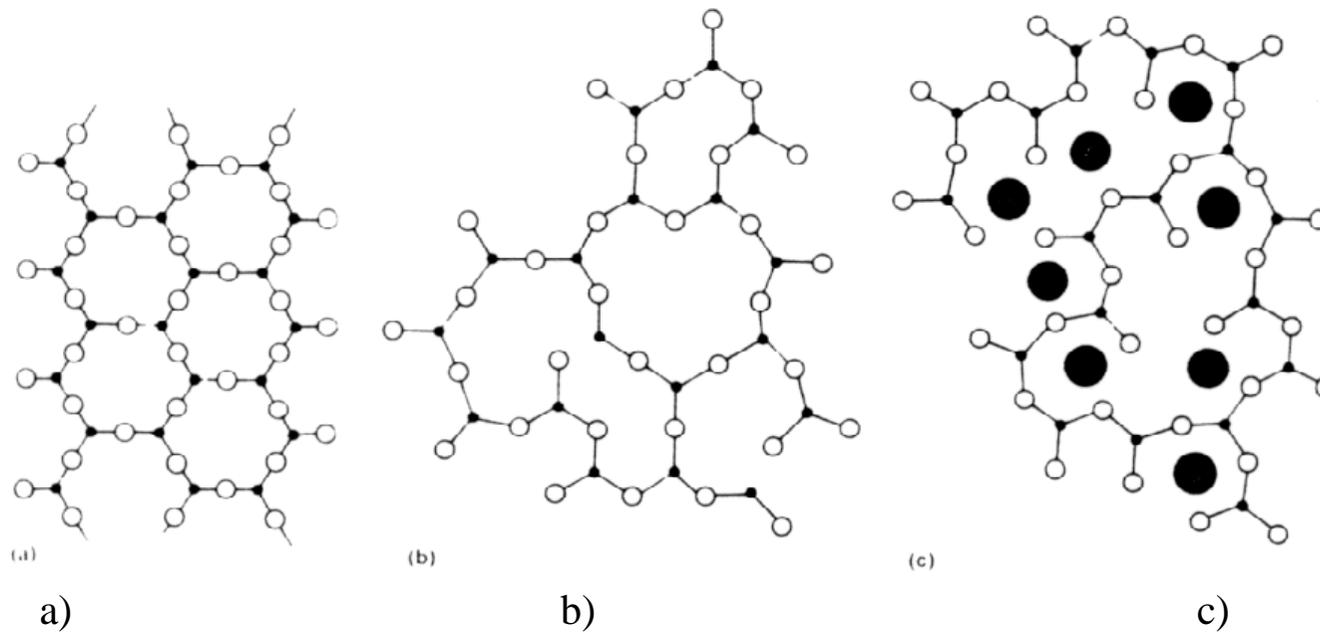
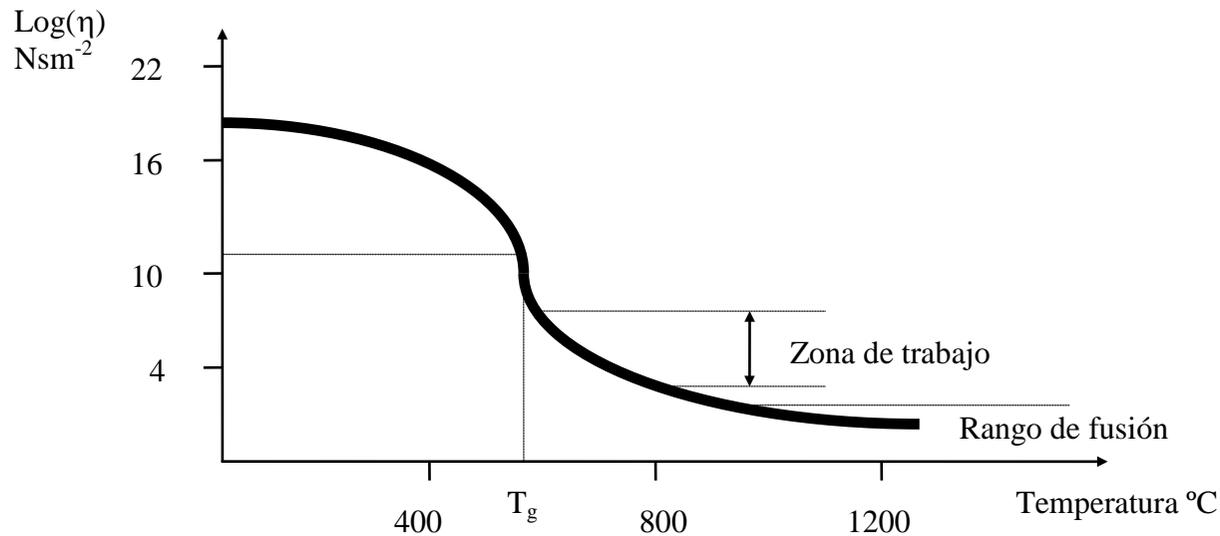


Figura 7.7. Estructura atómica de a) sílice cristalina, b) sílice vítrea y c) vidrio sódico de sílice.

- **Métodos de conformado** del vidrio a partir del estado fundido:

- Soplado.
- Centrifugado.
- Moldeo a presión.



el parámetro a controlar es la viscosidad.

MATERIALES CERÁMICOS: CERÁMICAS VÍTREAS

- Una cerámica vítrea es por definición una cerámica parcialmente cristalina, de grano muy fino y que se obtiene por calentamiento de un vidrio cerámico susceptible de experimentar una cristalización controlada.
- No todos los vidrios cerámicos pueden experimentar cristalización parcial por tratamiento térmico.
- Las cerámicas vítreas tienen como mínimo el 50 % cristalizado pudiendo llegar al 90 % de su volumen.

Las propiedades dependerán de sus fases vítrea y cristalina así como de sus fracciones en volumen.

Las propiedades mecánicas son superiores a las del vidrio de procedencia.

Se pueden obtener por dos vías:

1° conformar el vidrio de partida por métodos sencillos.

2° proceder a la desvitrificación del vidrio conformado.

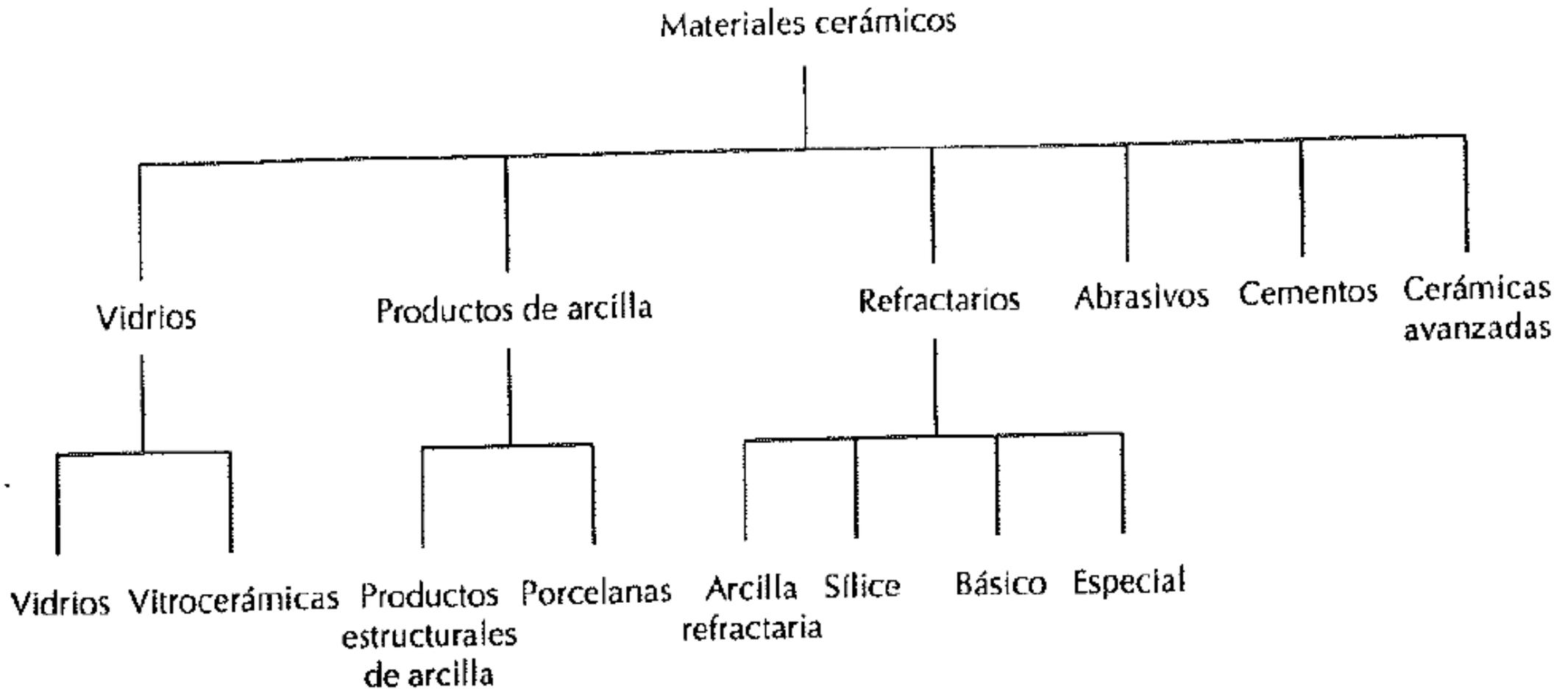
o

1° Conformado de polvos en estado vítreo.

2° Desvitrificación simultánea a la sinterización.

Esta última vía es la que proporciona mejores propiedades mecánicas.

Clasificación de los materiales cerámicos en base a su aplicación:



FAMILIAS DE CERÁMICOS: VIDRIOS CERÁMICOS O CERÁMICAS VÍTREAS

Obtención por:

- Soplado.
- Centrifugado.
- Moldeo a presión.

Tratamientos de recocido para disminuir su fragilidad.

Tratamientos de **temple sobre el vidrio plano**: se somete al vidrio a temperaturas superiores a las de transición vítrea pero inferiores a la de fusión, al enfriar rápidamente se crean en el material a nivel superficial tensiones de compresión que mejoran sus propiedades.

Vitrocerámicas: se elaboran como un vidrio y posteriormente un tratamiento de desvitrificación logrando una transformación del vidrio en cristal del 50 %, mejorando:

- Propiedades mecánicas.
- Resistencia al choque térmico.
- Disminución del coeficiente de dilatación térmica.

FAMILIAS DE CERÁMICOS: ARCILLA COCIDA

- Constituidos por aluminosilicatos.
- Poseen en su red agua enlazada químicamente.
- Abundan otros elementos y estructuras.

Fabricación:

- (hidroplásticos) lo que favorece su conformado por extrusión, prensado o laminado.
- Se les adiciona arena de sílice por su bajo coste y alta dureza.
- Se les adiciona feldespatos para reducir la temperatura de cocción.

En su fabricación al aumentar la temperatura se promueve la aparición de una fase líquida que al enfriar une los granos.

FAMILIAS DE CERÁMICOS: ABRASIVOS Y REFRACTARIOS

ABRASIVOS: Se destinan al corte o desgaste de materiales. Son SiC, alumina, etc, que se aglomeran en una fase metálica, cerámica, polimérica, ...

(muelas, lijas, discos de corte)

REFRACTARIOS: Se destinan a aplicaciones que requieran altas temperaturas sin fundir, ni reaccionar químicamente con materiales con los que estén en contacto y siendo también aislantes térmicos.

FAMILIAS DE CERÁMICOS: CEMENTOS

Definición según la norma UNE 80301:

“Son conglomerados hidráulicos, esto es materiales artificiales de naturaleza inorgánica y minerales que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo el agua.

FAMILIAS DE CERÁMICOS:

CERÁMICAS AVANZADAS

Se caracterizan por:

- Elevada resistencia ante sollicitaciones de tipo térmico, mecánico y químico.
- Baja densidad.
- Alta resistencia al desgaste.
- En general elevada resistividad eléctrica.

En contraste también hay cerámicos de elevada conductividad térmica, iónica, ferromagnetismo, piezoelectricidad, ... y cerámicas con transparencia óptica.

Su utilización actual, sobretodo por funciones eléctricas y magnéticas.

Sus limitaciones: la fiabilidad, la dificultad de diseño y el coste.

PROCESADO DE MATERIALES CERAMICOS

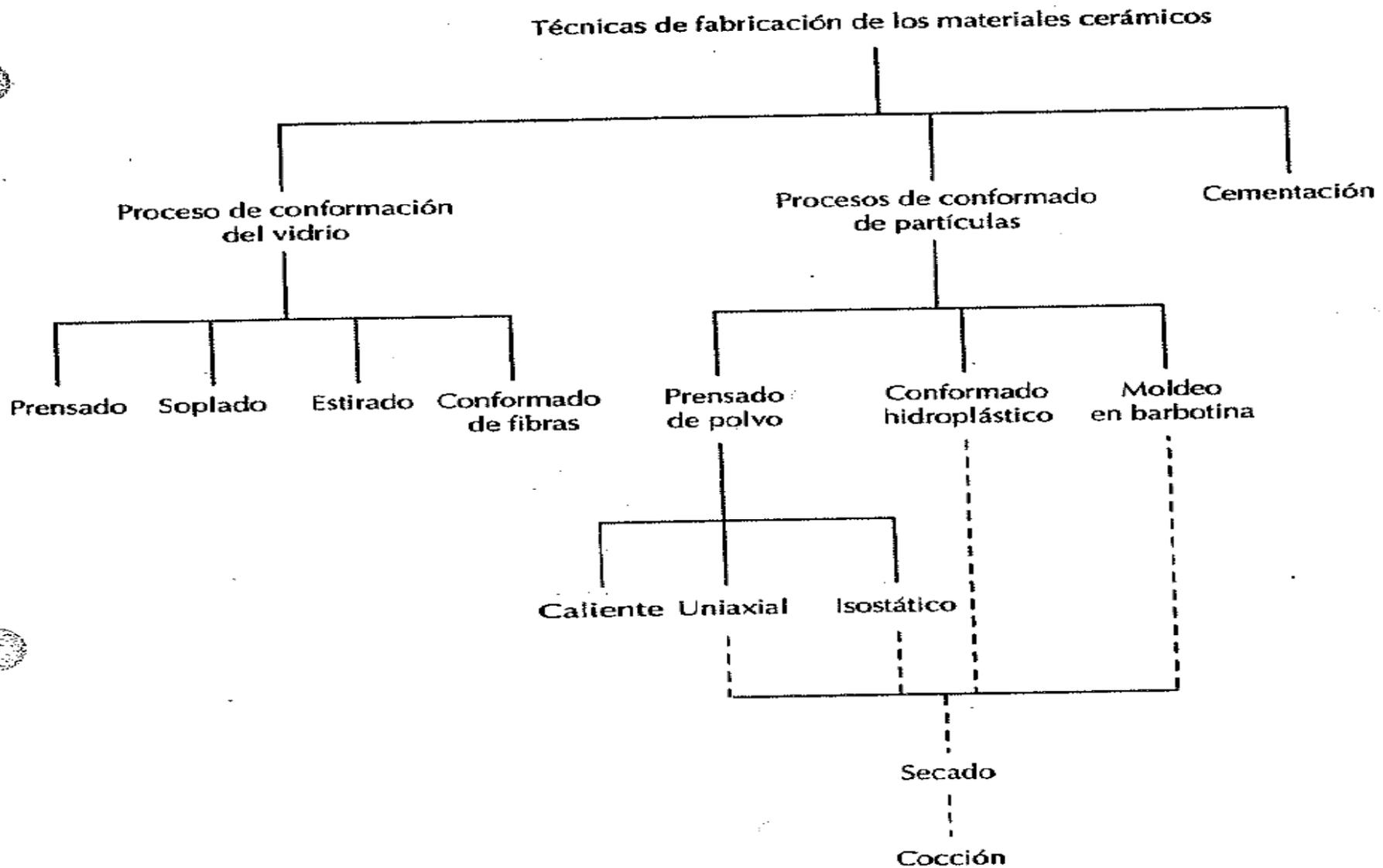
PROCESADO DE MATERIALES CERÁMICOS AVANZADOS O CERÁMICAS TÉCNICAS:

La totalidad de los materiales cerámicos se obtiene mediante técnicas propias de la metalurgia de polvos.

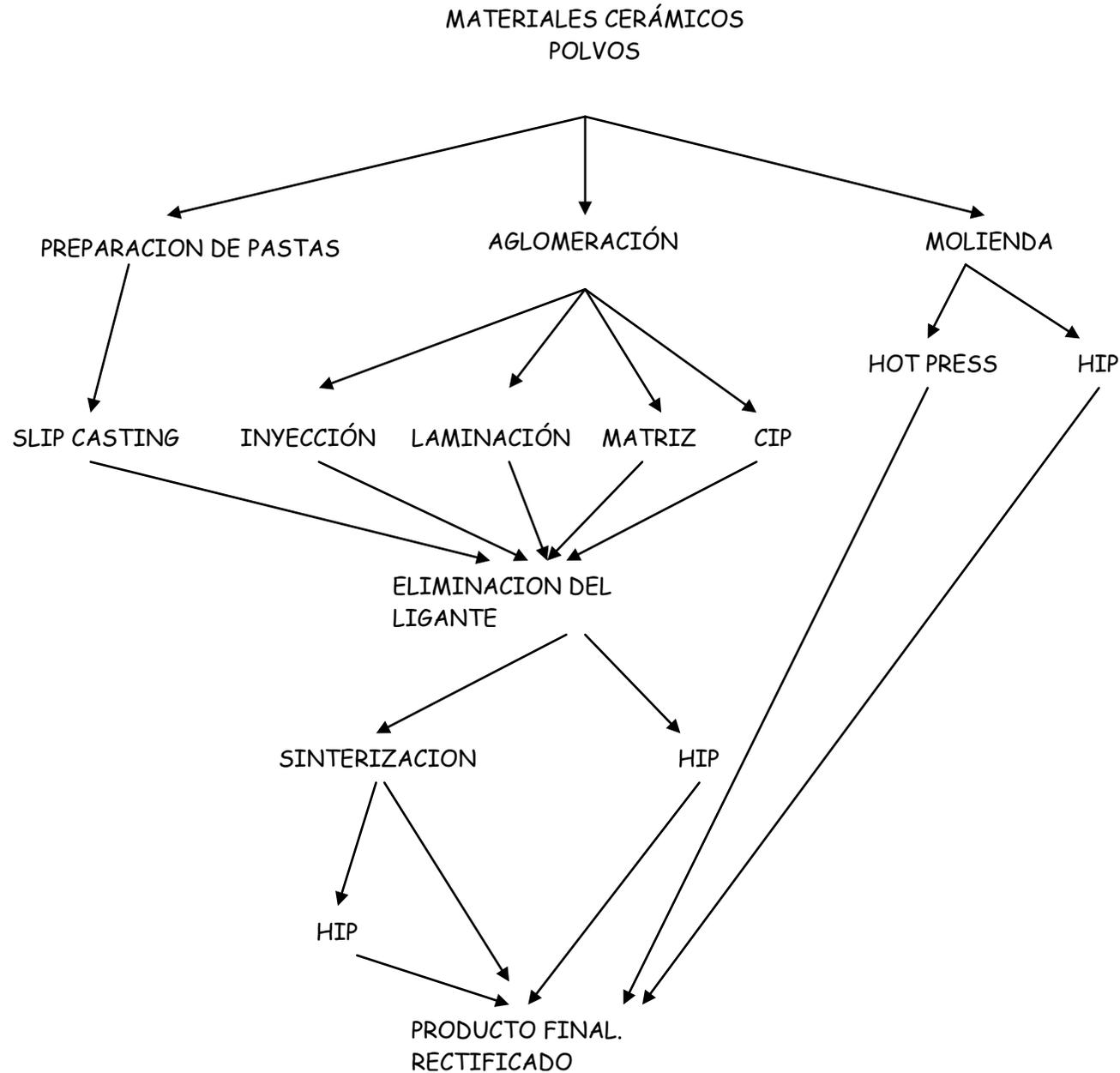
Principales fases de fabricación de un material cerámico:

- Fabricación de los polvos.
- Procesado de los polvos.
- Conformado.
- Sinterizado.

CLASIFICACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS TÉCNICAS DE CONFORMACIÓN DE MATERIALES CERÁMICOS



Esquema general del procesamiento de materiales cerámicos:



DEFECTOS TÍPICOS EN EL PROCESADO DE UN MATERIAL CERÁMICO

FABRICACIÓN DE POLVOS	COMPACTO EN VERDE
Distribución inadecuada de tamaños	Grietas
Tamaño medio de partícula inadecuado	Huecos
Forma de partícula no uniforme	Insuficiente densidad
Partículas no equiáxicas	Poros
Heterogeneidad de composición	Densidad heterogénea
Impurezas incontroladas	Distribución heterogénea de aditivos
Partículas extrañas	Segregaciones
Partículas de excesivo tamaño	Inclusiones orgánicas
Aglomerados duros	Texturas
	Presencia de ligantes

ACONDICIONAMIENTO DE POLVOS	PIEZAS SINTERIZADAS
Distribución de tamaños de aglomerados inadecuados. Aglomerados duros Aglomerados huecos Heterogeneidad de densidad en aglomerados. Aglomerados porosos Viscosidad inadecuada Heterogeneidad en la distribución de aditivos. Insuficiente fase inerte en suspensión Inclusiones orgánicas	Grietas Poros Huecos Granos Huesos Crecimiento exagerado del grano Distribución inadecuada del tamaño de grano. Zonas de diferente tamaño de grano Segundas fases (Si,C libres, etc.) Inclusiones Rugosidad superficial

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES CERÁMICOS

Propiedades:

- Refractariedad.
- Comportamiento electrónico y magnético.
- Elevada resistencia a altas temperaturas.
- Elevados valores de dureza.
- Excelentes propiedades tribológicas.
- Químicamente inertes.
- Tenacidad <-> Fragilidad

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES CERÁMICOS

Extrema sensibilidad a la distribución y concentración de tensiones.

Complejidad para la medida de sus propiedades mecánicas.

La Fragilidad de las cerámicas a temperatura ambiente radica en la naturaleza iónica o fuertemente covalente de sus enlaces y a falta de un número suficiente de posibilidades de movimiento de dislocaciones que les confieran plasticidad.

MEDIDA DE LA DUREZA EN LOS MATERIALES CERÁMICOS

Es una de las medidas más útiles de todas las que se realizan para estudiar el comportamiento mecánico de estos materiales.

Ventajas en la ejecución de la medida:

- ejecución muy simple.
- probetas pequeñas.

Durezas más usuales en materiales cerámicos:

- Dureza al rayado (dureza Mohs).
- Dureza a la penetración (escalas Knoop o Vickers).

Tabla 6.1 Escalas de Dureza.

MATERIAL	ESCALA DE MOHS	KNOOP (kg/mm²)
Talco (Mg ₃ Si ₄ O ₁₀)(OH) ₂	1	20
Sal (NaCl)	2	35
Calcita (CaCO ₃)	3	135
Fluorita (CaF ₂)	4	180
Apatito (Ca ₅ P ₃ O ₁₂ F)	5	450
Feldespato(KAlSi ₃ O ₈)	6	600
Cuarzo(SiO ₂)	7	1000
Topacio (SiAl ₂ F ₂ O ₄)	8	1500
Corindón (Al ₂ O ₃)	9	2000
Carburo de Ti (TiC)	+9	2800
Carburo de Boro(B ₄ C)	+9	3500
Diamante (C)	10	7000-8000

ENSAYOS DE DUREZA

Dureza Vickers: $H_v = 1,8544 P / d_v^2$

- d_v = longitud de la diagonal principal en mm.
- P = fuerza en kgf.

Dureza Knoop: $H_k = 14,229 P / d_k^2$

- d_k = longitud de la diagonal principal en metros.
- P = fuerza en kgf.

Las desviaciones en los resultados de las medidas de dureza se producen cuando el tamaño de la huella no es suficientemente larga (aproximadamente 10 veces superior comparada con la microestructura, tamaño de grano, partícula, poro o su distribución).

Este tipo de dispersiones son propias de estos materiales debida a su elevada dureza.

RESISTENCIA A TRACCIÓN:

El ensayo convencional directo es difícil de ejecutar y caro, debido a la naturaleza frágil de las cerámicas monolíticas y su alta sensibilidad a la concentración de tensiones.

(Las probetas rompen por las mordazas, es decir por donde son agarradas).

Un desalineamiento de milésimas de centímetro provoca tensiones que originan desviaciones superiores al 10 %).

En consecuencia se ha optado por métodos alternativos de ensayo, como es el ensayo de flexión bien sea de 3 o 4 puntos.

ENSAYO DE FLEXIÓN

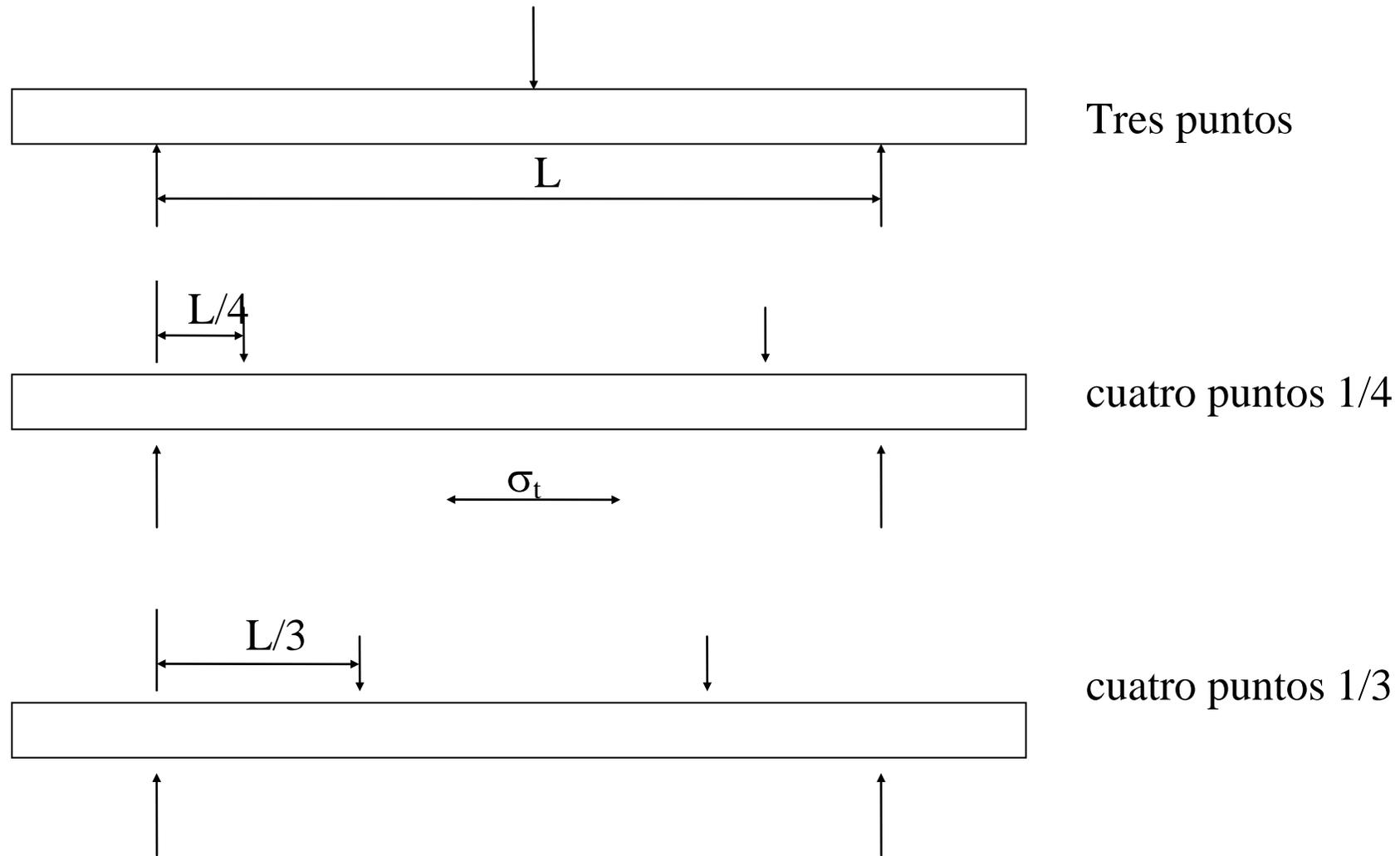


Figura 7.15. Métodos para el ensayo de flexión.

ENSAYO DE FLEXIÓN

La flexión crea un gradiente de tensiones y solo una pequeña parte de la misma se encuentra expuesta a elevadas tensiones de tracción.

Estas probetas son muy sensibles en los bordes y a los daños por mecanizado, de ahí que las dispersiones y desviaciones experimentales se mantengan, no obstante como beneficio se tiene la facilidad de montaje y ejecución del ensayo.

Últimamente se están desarrollando la ejecución de tracciones directas con rotulas, reduciéndose las tensiones en las mordazas al 1 % y reduciéndose la dispersión.