

APLICACIONES DE LOS MATERIALES CERÁMICOS EN LA INDUSTRIA

La Cerámica

Son la familia de materiales y productos de naturaleza inorgánica, no metálica, tratados a temperaturas elevadas. Tienen muchas aplicaciones en ingeniería (chips, aeroespacial, medicina, etc.).

En construcción, se usan cerámicas procedentes de mezcla de arcillas y agua, cocida a alta temperatura (sinterizadas). La mezcla húmeda presenta un comportamiento plástico que permite el moldeo de los productos. La cocción produce un material estable, frágil, duro y resistente a compresión y a la abrasión.

Materia prima: Las Arcillas

- Son materiales minerales laminares de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina.
- Los minerales principales son: caolín, montmorillonita e illita. La presencia de óxidos modifica el color.
- Propiedades:
 - Plasticidad (viscosidad).
 - Anisotropía (microscópica).
 - Capacidad aglutinante.
 - Retracción.
 - Resistencia mecánica en seco (Ver imagen 1).



Imagen 1. Arcillas

Tipos de Cerámica

Hay dos clases: porosa y compacta (vitrificada).

- La porosidad depende de: la temperatura de cocción, la presión de moldeo y la granulometría de la mezcla base.
- Dependiendo de la temperatura de cocción se obtienen distintos tipos de cerámicas con diferente absorción. (Ver tabla 1 e Imagen 2)

Tabla 1. Tipos de Cerámica

<i>Tipos</i>	<i>Absorción</i>	<i>Temperatura de cocción</i>
Porcelana	0%	>1200°C (vitrificación)
Gres Cerámico	0,50% a 3,00%	1050-1200°C (gresificación)
Semi-Gres	3,00% a 6,00%	1050-1200°C (gresificación)
Losa Porosa	>6,0%	890-1050°C (sinterización)

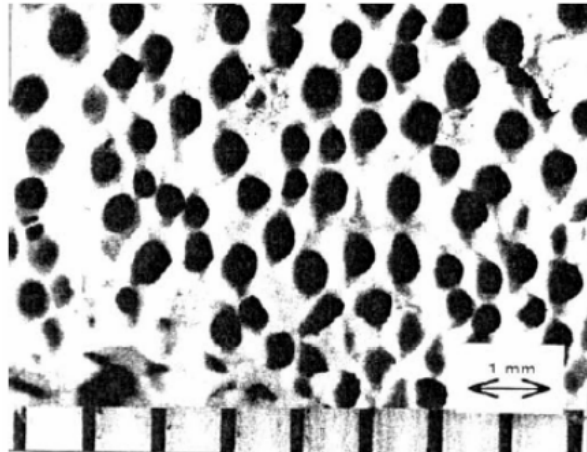


Imagen 2. Estructura de una cerámica porosa

Características de las Cerámicas

- Dependen de la composición y temperatura de cocción.
- Las características requeridas dependen de la aplicación:
 - Absorción de agua: depende de la porosidad. Condiciona la resistencia, la densidad y la heladicidad.
 - Resistencia a compresión: ladrillos y bloques.
 - Resistencia a flexión: pavimentos y revestimientos.
 - Desgaste: Pavimentos (Índice PEI).
 - Dilatación térmica: obras de fábrica y revestimientos.
 - Resistencia a ataques químicos: pavimentos.

Fabricación de productos cerámicos

Consta de varias fases:

- Preparación de la mezcla base: Homogeneización mediante molienda, mezclado y reposo (10-15 días). (Ver imágenes 3 y 4)
- Conformación:
 - Vía húmeda. (extrusionado y moldeado). (Ver imágenes 5, 6 y 7)
 - Vía seca y semiseca. (Prensado)
- Secado: Aumento de resistencia. (Ver imagen 8)
- Cocción: Sinterización, gresificación y vitrificación. (Ver imágenes 9 y 10)
- Esmaltado (opcional): Capa superficial vitrificada. (Monococción o bicocción)
- Enfriamiento: Lento hasta 500 °C; rápido hasta 50 °C.



Imagen 3. Preparación de la mezcla base (vía húmeda)



Imagen 4. Preparación de la mezcla base (vía seca)

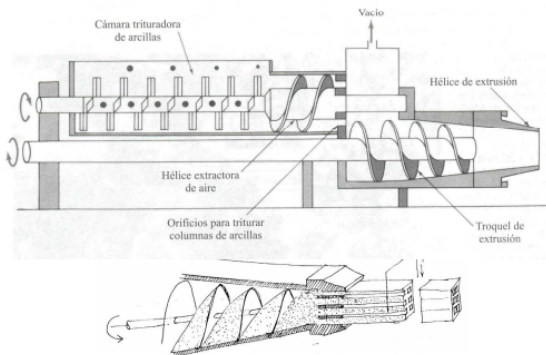


Imagen 5. Conformación por extrusión (vía húmeda)



Imagen 6. Conformación por extrusión (vía húmeda)



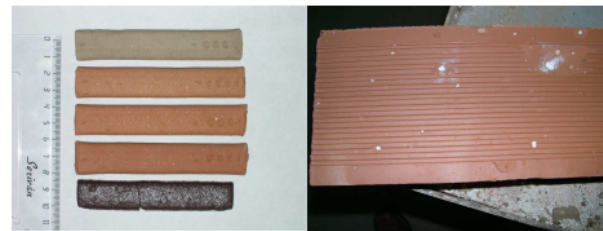
Imagen 7. Conformación por extrusión (vía húmeda)



Imagen 8. Secado (vía húmeda)



Imagen 9. Horno de cocción



Efectos de la temperatura: (1) probeta seca (sin cocer); (2) a 850°C; (3) a 950°C; (4) a 1050°C; (5) a 1150°C.

Desconchados por caliche (impurezas de carbonatos)

Imagen 10. Problemas del proceso de cocción

Productos cerámicos para Construcción

- Productos cerámicos para albañilería:
 - Ladrillos cerámicos
 - Bloques cerámicos
 - Ladrillos huecos de gran formato

- Otras aplicaciones:
 - Bovedillas cerámicas (forjados).
 - Losetas y adoquines cerámicos (pavimentos).
 - Baldosas cerámicas, placas y azulejos (revestimientos).
 - Paneles cerámicos (tableros de cubierta y cerramientos).
 - Tejas cerámicas (cubierta).
 - Otros productos cerámicos (losa sanitaria, tuberías, conductos...).

Los ladrillos

- Ladrillo: pieza de cerámica, generalmente ortoédrica, usada en construcción, de dimensión ≤ 30 cm.
- Designación de las caras:
 - Tabla: Cara mayor.
 - Canto: Cara intermedia.
 - Testa: Cara menor.
- Dimensiones nominales:
 - Soga: Dimensión de la arista mayor.
 - Tizón: Dimensión de la arista intermedia.
 - Grueso: Dimensión de la arista menor. (Ver imagen 11)

$$1 \text{ pie} \Rightarrow 1 \text{ soga} = 2 \text{ tizones} + 1 \text{ llaga}$$
$$1/2 \text{ pie} \Rightarrow 2 \text{ tizones}$$

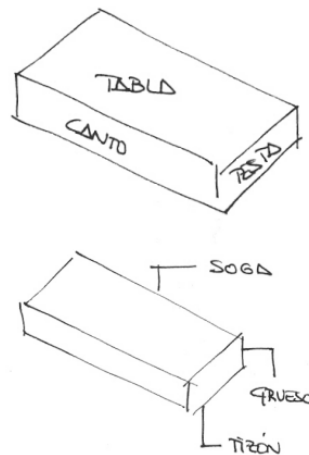


Imagen 11. Designación de caras y dimensiones nominales del ladrillo

Tipos de ladrillo

- De Tejar: Fabricación artesanal. Caras rugosas y poco planas. Apariencia tosca.
- Macizo: Perforaciones en tabla < 10 %.
- Perforado: Perforaciones en tabla > 10 %. (Las perforaciones mejoran la adherencia del mortero).
- Hueco: Perforaciones en canto o testa, con mayor proporción de hueco que de cerámica. (Ver imagen 12)

- Rasilla
- Hueco sencillo (h/s)
- Hueco doble (h/d). (Ver imagen 12)

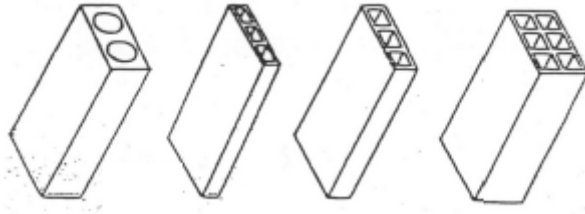


Imagen 12. Tipos de ladrillo

Propiedades esenciales de los ladrillos

- Densidad: entre 1,2 - 1,7 g/cm³
- Peso (aprox.):

Tabla 2. Peso aproximado de ladrillos

Rasilla	0,9 kg
Hueco Sencillo	1,0 kg
Hueco Doble	1,5 kg
Macizo	2,5 kg
Tejar	3,0 kg

- Normativa de aplicación: CTE DB-SE-F UNE-EN 771-1. Piezas cerámicas para albañilería.

Ladrillos de características especiales (I)

- Refractarios: fabricados con arcillas refractarias y arena muy fina. Resisten altas temperaturas (1600°C).
- Aligerados: Incorporan materiales ligeros (corcho o serrín) que arde al cocer y produce huecos.
- Hidráulicos: Mezclan arcillas con limaduras de hierro, sal, potasa y cenizas. Resisten la humedad.
- Coloreados: Mezcla de arcilla blanca y pigmentos.
- De baja succión: Succión de agua < 0,05 g/cm² · min

Ladrillos de características especiales (II)

- Hidrofugados: se aplica un producto hidrófugo en superficie (impermeable al agua, pero no al vapor).
- Hay dos procedimientos:
 - Por aspersión: se proyecta sobre una o varias caras. (No modifica la succión)
 - Por inmersión: toda la superficie repele el agua. (Se disminuye mucho la succión)
- De clinker y gresificados: arcillas especiales cocidas a altas temperaturas (vitrificadas). Se alcanzan resistencias a compresión $> 500 \text{ kg/cm}^2$

Bloques cerámicos

- Son piezas cerámicas para ejecución de obras de fábrica de dimensiones nominales mayores que los ladrillos.
- Dimensiones habituales: 30 x 14-19-24-29 x 19 cm.
- Suelen presentar entalladuras en testa para facilitar su colocación (machihembrado).
- Las piezas para revestir presentan acanaladuras en canto.
- Las series de cada fabricante incorporan piezas especiales para resolver terminales, esquinas y cargaderos.
- Normativa de aplicación:
UNE-EN 771-1 Piezas de fábrica para albañilería. (Ver Imagen 13)



Imagen 13. Bloques cerámicos

Ladrillos huecos de gran formato

- Son piezas cerámicas huecas de dimensiones superiores a los ladrillos huecos convencionales.
- Se utilizan para la ejecución de particiones interiores y trasdosados.
- Se reduce la superficie y número de juntas.
- Las características dimensionales y de forma son muy importantes (tolerancias reducidas).
- Pueden presentar entalladuras en testa para facilitar su colocación (machihembrado).
- Las piezas para revestir presentan acanaladuras en canto. (Existen productos que incorporan el revestimiento). (Ver imagen 14)

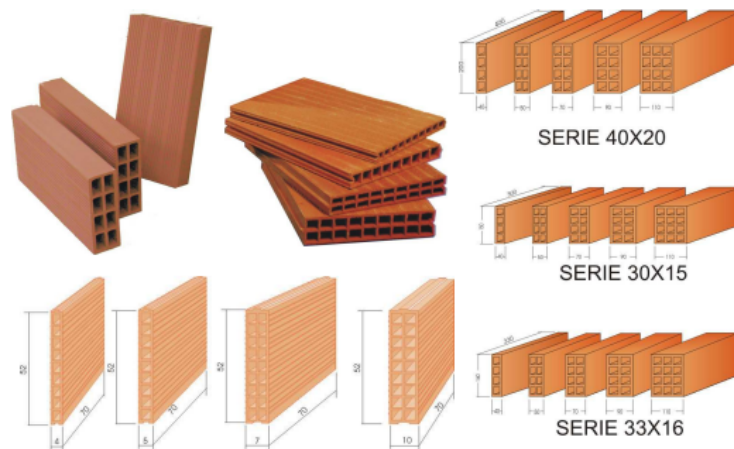


Imagen 14. Diferentes formatos de ladrillos huecos

Mercado de CE de productos para albañilería

- Los productos cerámicos para albañilería requieren de marcado CE a partir de abril de 2006. (UNE-EN 771-1):
 - Ladrillo perforado (revestir y cara vista).
 - Ladrillo macizo (manual y prensado).
 - Ladrillo hueco.
 - Ladrillo hueco gran formato.
 - Bloque cerámico (normal y aligerado).
- Define dos grupos:
 - LD: para revestir y D_{ap} baja
 - HD: cara vista y revestir D_{ap} alta

- Dos categorías (uso)
 - I: Rcomp garantizada al 95 % (S 2+).
 - II: Rcomp no garantizada al 95 % (S4).

Defectos de productos para albañilería

- Se trata de imperfecciones, irregularidades o daños que presentan las piezas cerámicas.
- Se pueden producir por diferentes causas:
 - Fabricación
 - Deformaciones
 - Fisuras
 - Exfoliaciones
 - Desconchados (caliche)
 - Decoloraciones
- Transporte - Rotura
- Puesta en obra
 - Rotura (desplazamientos, dilatación, etc.)
 - Eflorescencias y heladicidad (humedad)
- Producen Daños Patológicos en las fábricas. (Ver Imágenes 15, 16 y 17)



Imagen 15. Patología en obra de fábrica de productos cerámicos



Imagen 16. Patología en Obra de fábrica de ladrillos cerámicos



Imagen 17. Defecto en ladrillos

Bovedillas cerámicas

- Son piezas cerámicas huecas que se utilizan en la construcción de forjados de viguetas unidireccionales.
- Su función es aligerar el peso de la losa de forjado.
- Sus dimensiones dependen del canto de forjado y de la distancia entre viguetas.
- Constituyen, junto con las suelas de las viguetas, la cara inferior del forjado.
- La cara inferior suele tener acanaladuras para mejorar la adherencia del revestimiento.
(Ver Imagen 18)

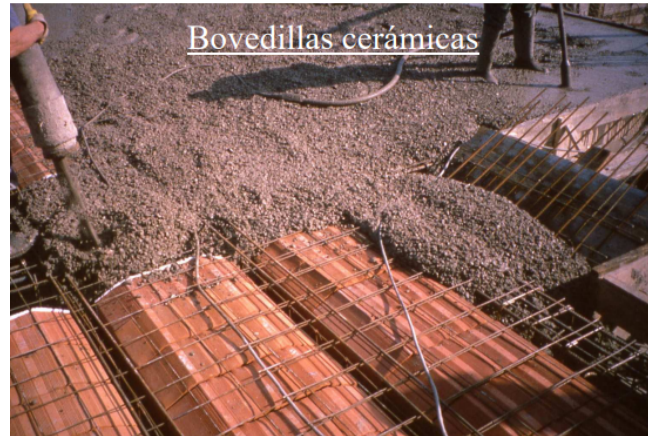


Imagen 18. Bovedillas cerámicas

Tipos y designación de bovedillas para forjados unidireccionales de vigueta

- Tipos de bovedillas:
 - Bovedilla Aligerante (LNR) o No Resistente (NR).
 - Bovedilla Semi-resistente (SR).
 - Bovedilla resistente (RR) o con capa de compresión.
- Designación normalizada (UNE-EN 15037):
 - Material: hormigón (-2), arcilla cocida (-3), EPS (-4).
 - Tipo (LNR, NR, SR, RR).
 - Capacidad portante (Clase R1 o R2).
 - Dimensiones en mm (anchura, profundidad, altura).

Ejemplo: Bovedilla de arcilla cocida LNR R2 620 x 220 x 240 (UNE-EN 15037-3).

Productos cerámicos para pavimentos

- Piezas cerámicas no esmaltadas utilizadas en pavimentos de exterior (UNE-EN 1344).
- Suelen conformarse en forma de adoquines o losetas.
 - Requieren unas características físicas y mecánicas elevadas: Resistencia a los agentes ambientales (calor y humedad).
 - Resistencia a compresión, flexión y abrasión.
- Pueden estar coloreados en masa (pigmentos). (Ver Imagen 19)



Imagen 19. Piezas cerámicas no esmaltadas utilizadas en pavimentos de exterior

Productos cerámicos para revestimientos

- Son piezas delgadas de diferentes tipos de cerámica (losa, semigrés, gres o porcelánico).
- Se aplican en suelos y paredes mediante materiales de agarre (pastas, morteros y adhesivos).
- El conformado se realiza por prensado (vía seca).
- Procedimientos de cocción: monococción y bicocción.
- Las losas van esmaltadas en la cara vista para reducir su permeabilidad y modificar su aspecto (azulejos y baldosas). Las baldosas deben ser antideslizantes.
- Calidades: especial, primera y de saldo.
- Características: forma, absorción, R flexión, desgaste.

Clasificación y designación (UNE EN 14411)

Tabla 3. Tipos de Baldosas Cerámicas Usuales en España

Tipo de baldosa	Modelo	Soporte	Esmalte	Medidas usuales (cm)	Grosor usual (mm)	Grupo norma ISO 13006 UNE 67-087
1. Azulejo	Prensado	Poroso	Si	10 × 10 a 45 × 60	< 10	BIII
2. Pavimento de gres	Prensado	No poroso	Si	10 × 10 a 45 × 60	> 8	BIb - BIIa

3. Gres porcelánico	Prensado	No poroso	No	15 × 15 a 60 × 60	> 8	Bla
4. Baldosin catalán	Extruido	Poroso o liger.poroso	No	13 × 13 a 24 × 40	< 8	Allb - Alll
5. Gres rústico	Extruido	No poroso	No - Si	11.5 × 11.5 a 37 × 37	> 10	Al - Alla
6. Barro cocido	Extruido	Poroso	No	Gran variedad	> 10	Allb 2 - Alll

(Ver Imágenes de la 20 a la 24)



Imagen 20. Losa aplicada en suelos mediante materiales de agarre

Tejas cerámicas

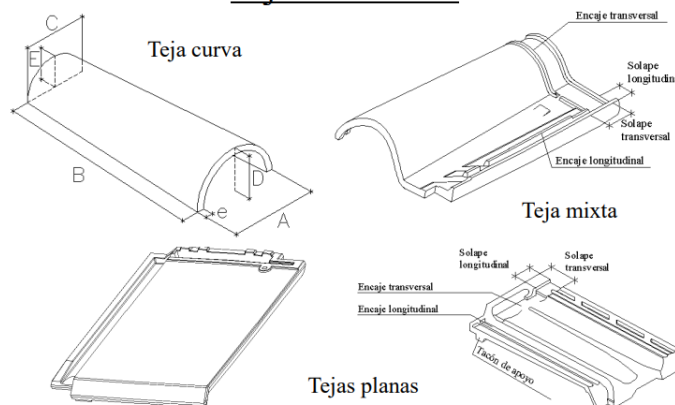


Imagen 21. Tipos de tejas cerámicas



Imagen 22. Tejas cerámicas curvas tradicionales



Imagen 23. Tejas cerámicas mixtas



Imagen 24. Tejas cerámicas planas

Otros productos cerámicos

- Losa sanitaria esmaltada:
 - Arcilla cocida blanca rica en alúmina.
 - Se fabrica por moldeo, inyección de aire para obtener una estructura porosa y posterior esmaltado.
 - Se utiliza en la fabricación de aparatos sanitarios.
- Conducciones cerámicas (tubos y accesorios):
 - Requieren una alta resistencia e impermeabilidad.
 - Suelen ser de gres (moldeo o centrifugación).
- Chimeneas cerámicas (ventilación y salida de humos).
- Paneles de gres para fachadas ventiladas. (Ver imagen 25)



Imagen 25. Otros productos cerámicos

Normativa de productos cerámicos

- Los productos cerámicos requieren de marcado CE para su comercialización en la UE.
- Productos no de albañilería que requieren CE:
 - Bovedillas cerámicas (UNE-EN 15037-3)
 - Tejas cerámicas (UNE-EN 1304)
 - Baldosas cerámicas (UNE-EN 14411)
 - Adoquines cerámicos (UNE-EN 1344)
 - Chimeneas cerámicas (UNE-EN 1457)

- Otros distintivos de calidad de productos cerámicos: Sello INCE y Marca AENOR. (Ver tabla 4 e imagen 26)

Tabla 4. Ejemplo de marcado CE del adoquín cerámico para pavimentación exterior

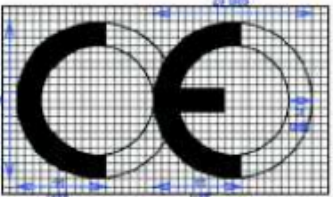
 <p>(Deben conservarse las proporciones, siendo la dimensión vertical mínima de 5 mm)</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ Símbolo CE
Cerámica XXX		<ul style="list-style-type: none"> ■ Nombre o marca distintiva del fabricante.
Domicilio XXX Ciudad XX, CP XXXX		<ul style="list-style-type: none"> ■ Dirección del fabricante.
04		<ul style="list-style-type: none"> ■ Los dos últimos dígitos del año en que se estampó el marcado.
EN 1344		<ul style="list-style-type: none"> ■ Norma del producto.
Adoquín de arcilla cocida para uso exterior peatonal o de vehículos, de colocación flexible y/o rígida.		<ul style="list-style-type: none"> ■ Descripción del producto en función de las especificaciones técnicas indicadas en la norma armonizada, según tipo de pieza y uso previsto.
Carga de rotura transversal	Clase T0, T1, T2, T3 ó T4 (N/mm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Información sobre las características esenciales recogidas en la tabla ZA.1 de la norma EN 1344 en función del uso previsto.
Resistencia a flexión	(N/mm ²)	
Resistencia al deslizamiento/derrape	Clase U0, U1, U2 ó U3	
Durabilidad Resistencia al hielo/deshielo)	FP100	



Imagen 26. Ejemplo de aplicaciones de productos cerámicos en una construcción

El vidrio

- Material cerámico no cristalino, procedente de la fusión de materiales inorgánicos y enfriamiento rápido a una condición rígida (estructura amorfa e isótropa).
- Se obtiene a partir de la sílice, al incluir otros óxidos en su estructura.
- Una vez fundido, el vidrio se conforma fácilmente en caliente, pudiendo obtenerse diferentes productos.
- Los vidrios permiten el paso de la radiación solar hasta un 90%, por lo que son transparentes a la luz visible y a las radiaciones infrarrojas de onda corta. (Ver imagen 27)

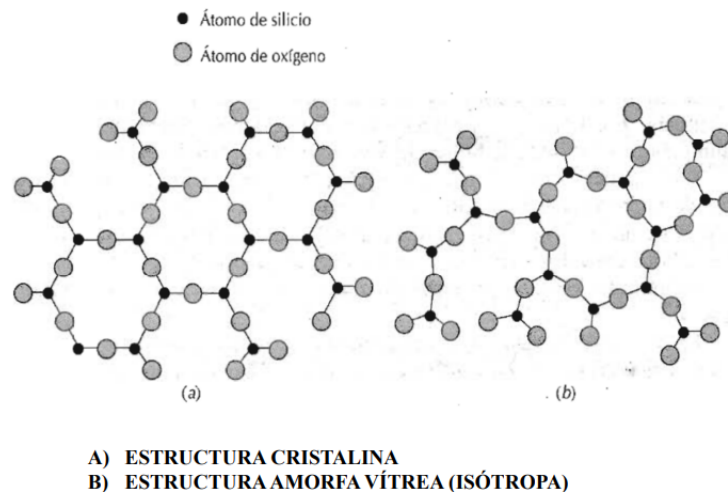


Imagen 27. Estructura Cristalina y Amorfa Vítrea (Isótropa)

Materias primas

- Óxidos formadores:
 - El óxido de silíceo o sílice (SiO_2) es el principal componente de los vidrios.
 - En la naturaleza se encuentra en forma cristalina (tetraedros unidos por vértice).
- Óxidos modificadores: Rompen la red de tetraedros de sílice (alcalinos - Na, K - y alcalinotérreos - Ca, Mg).
- Óxidos intermediarios: No pueden formar vidrios por sí mismos. Se incorporan a los vidrios de sílice para modificar sus características.

Tipos de Vidrio

Por su composición, existen cuatro tipos de vidrio.

Tabla 5. Tipos de vidrio por su composición

<i>Componentes (%)</i>	<i>Sódico-cálcico</i>	<i>Plomo</i>	<i>Borosilicato</i>	<i>Sílice</i>
Sílice	70-75	53-68	73-82	96
Sodio	12-18	5-10	3-10	
Potasio	0-1	1-10	0,4-1	
Calcio	5-14	0-6	0-1	
Plomo		15-40	0-10	
Boro			5-20	3-4
Aluminio	0,5-3	0-2	2-3	
Magnesio	0-4			

Vidrio para construcción

- Los productos de vidrio para construcción están hechos con vidrios sódico-cálcicos.
- La sílice constituye la estructura básica, el sodio facilita la fusión y el calcio provee de estabilidad química.
- Tiene el punto de fusión más bajo (es el más barato).
- Fácilmente moldeable.
- Transmite la radiación solar: dejan pasar la luz, pero producen efecto invernadero.
- Se puede colorear añadiendo óxidos metálicos.
- Aplicación constructiva: cerramientos acristalados.

Propiedades del vidrio

- Dependen de la temperatura (viscosidad).
- Propiedades físicas:
 - Alta densidad (2-4 g/cm³), impermeables
 - Transparentes (factor solar variable).
 - Baja reacción al fuego y resistencia a choque térmico.
- Propiedades químicas:
 - Estables e inertes (salvo frente a ácidos fuertes y álcalis)
- Propiedades mecánicas:
 - Duro, Resistente a compresión y a la abrasión.
 - Fractura frágil por propagación de defectos (quebradizo). (Ver imagen 28)

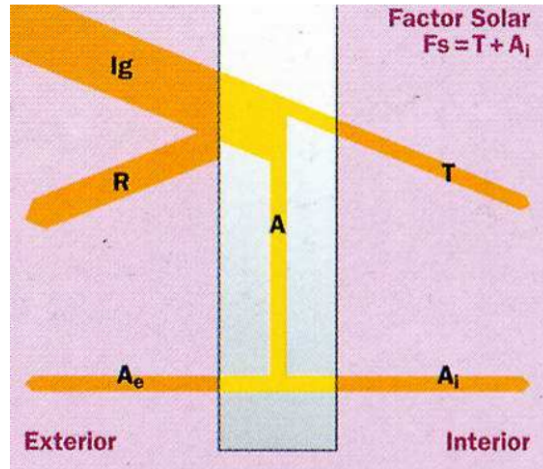


Imagen 28. Propiedades del vidrio

Fabricación de productos de vidrio

- Consta de varias fases:
 - Fusión de las materias primas (hornos continuos).
 - Conformación en caliente:
 - Estirado y laminado (láminas, barras, fibras).
 - Moldeado (colado, soplado o prensado).
- Tratamiento superficial: flotado (reducción de defectos), impresiones y decoraciones.
- Recocido: recalentamiento (alivia las tensiones).
- Templado (opcional): aumenta las tensiones superficiales.
- Enfriamiento controlado: evita la aparición de tensiones. (Ver imagen 29 y 30).

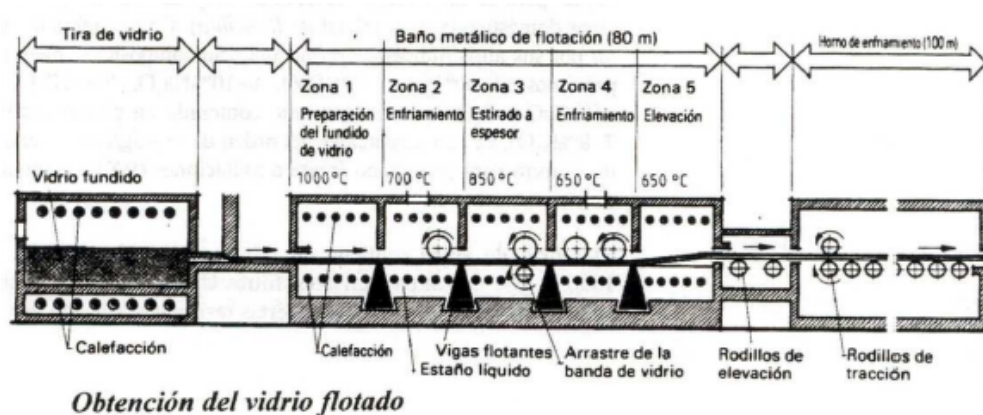


Imagen 29. Vidrio "float" (Pilkington, 1952)



Imagen 30. Vidrio "float" (Pilkington, 1952)

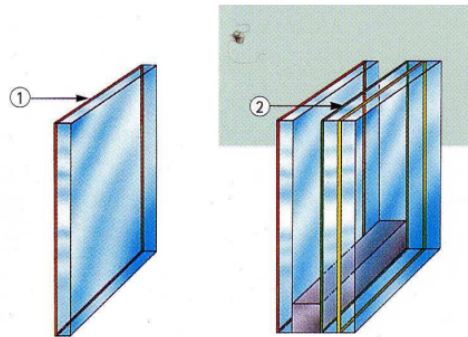
Tipos de vidrio para Construcción

- Plano: obtenido por laminado o flotado.
- Templado: tratado térmicamente.
- Laminado: compuesto de láminas de vidrio y adhesivo.
- Tintado: coloreado en masa (óxidos metálicos).
- Impreso y Decorado: tratado superficialmente.
- Termocrómico y electroóptico: dopados con componentes termosensibles o piezoelctricos.
- Parallamas: armado con malla metálica.
- Moldeado: fabricado por moldeo.

Productos de vidrio para Construcción

- En función de su aplicación, se pueden clasificar en:
- Cerramientos:
 - Ventanas y huecos acristalados (simple y doble).
 - Fábricas de bloque de ladrillo.
 - Muros cortina carpintería vista u oculta.
 - Vidrio "estructural".
- Paramentos pisables: suelos de vidrio.

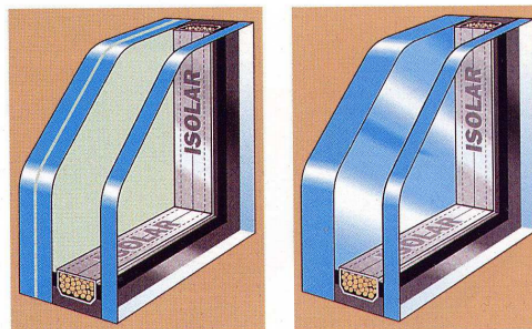
- Vidrio celular: vidrio muy poroso, con baja absorción y conductividad térmica (Alta RF).
- Fibra de vidrio:
 - Mantas para aislamiento térmico.
 - Refuerzo de plásticos y conglomerados.
- Fibra óptica: conducción de luz (hormigón translúcido) y sensores de deformación (materiales “inteligentes”). (Ver imágenes 31 y 32)



Acrilamiento simple

Doble acristalamiento

Imagen 31. Productos de Vidrio para construcción



Sección de acristalamiento Isolar-Akustex, vidrio laminado con resina en una de sus caras.

Sección de acristalamiento Isolar-Akustex formado por vidrios sencillos.

Imagen 32. Productos de Vidrio para construcción

Vidrio Templado

- Calentamiento a 600°C y enfriamiento rápido.
- Incremento de resistencia a flexión (Templado 200MPa).
- Rotura en trozos pequeños poco cortantes.
- Imposibilidad de manipulación posterior. (Ver imágenes 33 y 34)



Imagen 33. Aplicación de Vidrio Templado



Imagen 34. Aplicación de Vidrio Templado

Vidrio Laminado

- Compuesto por dos o más láminas de vidrio unidas por materiales adhesivos.
- La rotura de un vidrio no provoca el colapso del material.
- Buen comportamiento frente a impacto (Vidrio de seguridad). (Ver imagen 35, 36 y 37)

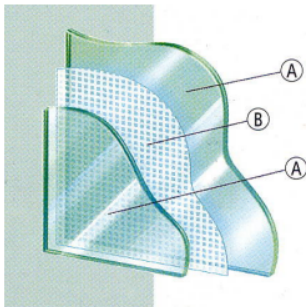


Imagen 35. Propiedades del Vidrio Laminado.

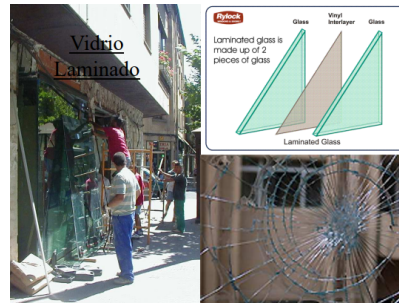


Imagen 36. Vidrio Laminado y sus propiedades

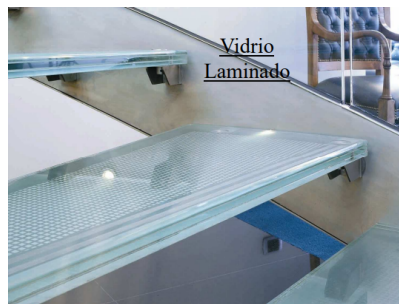


Imagen 37. Vidrio Laminado

Vidrios tintados (coloreados)

- Adición de óxidos durante el moldeoado
 - Fe: verde
 - Se: bronce
 - Co, Ni: Gris
- Reducen la transmisión de radiación solar (aumento de la absorción térmica). Excesivo calentamiento, necesidad de templado difícil reponibilidad. (Ver imagen 38 y 39)



Imagen 38. Vidrios tintados (coloreados)



Imagen 39. Vidrio con tratamiento decorativo



Imagen 40. Vidrio con capa electro-óptica

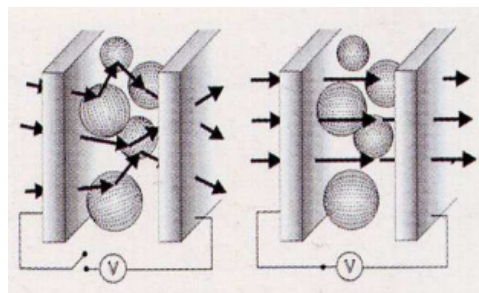


Imagen 41. Variación de las propiedades ópticas al pasar una corriente eléctrica



Imagen 42. Vidrio con capa termocrómica

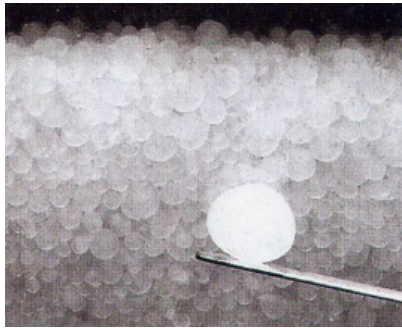


Imagen 43. Variación de las propiedades cromáticas al transmitirle calor

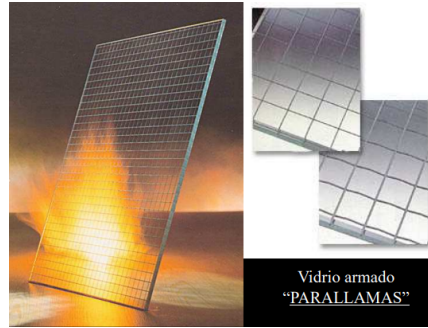


Imagen 44. Vidrio armado "Parallamas"



Imagen 46. Vidrio Moldeado: Bloque de vidrio ("Pavés")



Imagen 45. Vidrio Moldeado: Bloque de vidrio ("Pavés")

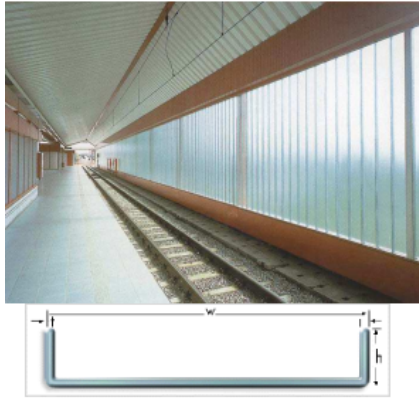


Imagen 47. Vidrio Moldeado "u-Glass"



Imagen 48. Vidrio Moldeado "u-Glass"



Imagen 49. Vidrio Moldeado "Curvado"



Imagen 50. Vidrio "estructural"

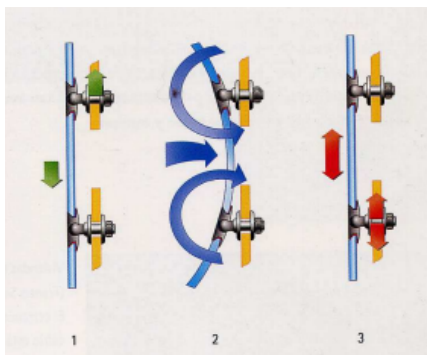


Imagen 51. Vidrio "estructural"



Imagen 52. Fibra óptica (Hormigón traslúcido)

Agregar fibras ópticas a una mezcla de concreto genera concreto translúcido. Este desarrollo "transparente" cambia la percepción de la masa opaca del hormigón. (Litracon)

Marcado CE de Productos de vidrio

- Productos de vidrio con Marcado CE (2006-2007):
 - Productos básicos de vidrio sódico-cálcico, borosilicato y vitrocerámicas: flotado, armado, impreso (UNE-EN 572-9).
 - Vidrio templado y de seguridad (UNE-EN 1863-2).
 - Productos de vidrio recubierto y espejos (UNE-EN 1096-4) Vidrio laminado (UNE-EN 14449).
 - Vidrio aislante (UNE-EN 1279-5).
 - Bloques y paveses (UNE-EN 1051-1).
 - U-glass (UNE-EN 572-1).
 - Vidrio celular (UNE-EN 13167).

Referencia:

Scala Learning. (2017). Materiales cerámicos y vidrios. [PDF].

https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23967w/Tema_6_Materiales_ceramicos_y_vidrios.pdf