

# 1 CERAMICA

# INDUSTRIA CERAMICA CLASICA

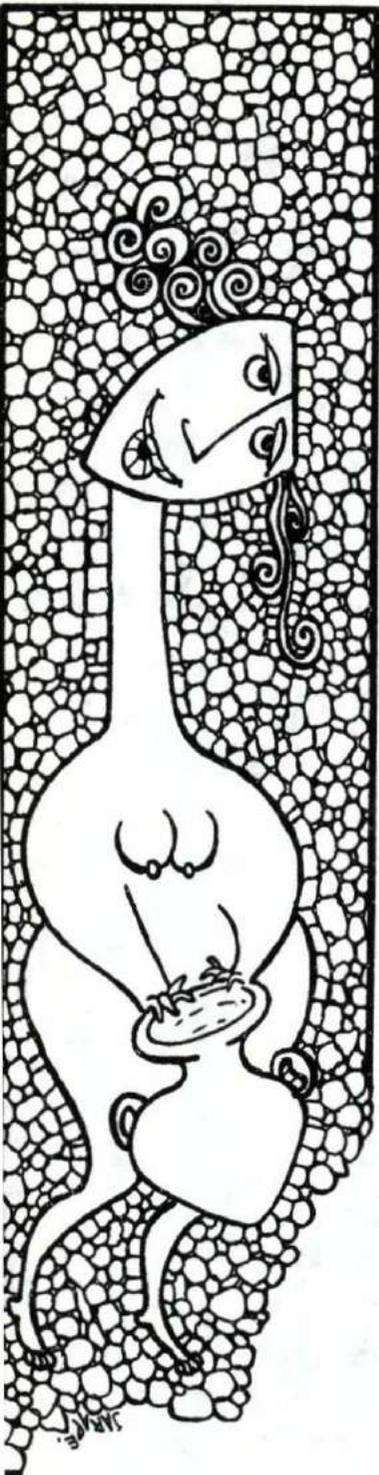
VINCES BERNAL de RAMIREZ





Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).





# INDUSTRIA CERAMICA CLASICA

INES BERNAL DE RAMIREZ  
QUIMICA U.N.

Profesora  
Departamento de Química  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional  
de Colombia

Convenio  
SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL



Servicio Nacional  
de Aprendizaje

REGIONAL  
NORTE DE SANTANDER



UNIVERSIDAD NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS



# Presentación

Frente a las necesidades de información de los sectores económicos para mejorar la calidad y productividad de las empresas, uno de los mayores aciertos del Convenio suscrito por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y la Universidad Nacional de Colombia, ha sido, en un trabajo conjunto e interactivo, difundir nuevas Tecnologías.

Los pequeños y medianos empresarios de la INDUSTRIA CERAMICA del país se ven enfrentados a las permanentes y cambiantes expectativas y necesidades de diferentes segmentos del mercado. El país ha desarrollado con relativo éxito la cerámica comúnmente llamada "roja" que comprende los ladrillos, tejas y alfarería común; la cerámica "fina" que va desde el gres, la cerámica para baños e instalaciones sanitarias a la vista, hasta loza y vajillería fina; los refractarios y la porcelana aislante eléctrica; sin embargo; la riqueza minera de nuestro subsuelo nos permite igualmente desarrollar la cerámica moderna que no utiliza la arcilla como elemento principal de partida sino compuestos de alta pureza de elementos químicos.

Entregar información técnica acerca de los diferentes tipos de industria cerámica, las propiedades de las materias primas, la construcción de los moldes, las pastas, entre otros, es el objetivo de esta serie de cuatro (4) publicaciones que, con base en el diagnóstico de la Industria Cerámica adelantado por el SENA en Norte de Santander, decidieron llevar a cabo el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional la Regional del SENA en Norte de Santander y la Subdirección de Formación Profesional y Desarrollo Social del SENA.

Quiero hacer una mención de reconocimiento a quienes han puesto su mayor empeño en la realización de este trabajo, a las profesoras Inés Bernal de Ramírez, Lucila Bueno de la Universidad Nacional, las instructoras Martha Piedad Gómez, Laura Yañes del SENA y Alfredo Durán Sudirector del SENA Norte del Santander.

**SERGIO ENTRENA LOPEZ**  
Director Regional SENA Norte de Santander

## Créditos



### AUTOR

INES BERNAL DE  
RAMIREZ

Departamento de Química  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional de  
Colombia



### EDITOR

CONVENIO  
SENA - UNIVERSIDAD  
NACIONAL

SONIA CRISTINA PRIETO  
Servicio Nacional de  
Aprendizaje SENA  
División Industria  
Dirección General

## ILUSTRACIONES

JAIRO PELAEZ RINCON  
Químico Universidad  
Nacional de Colombia  
"EL CARTEL del HUMOR"



GERMAN FERNANDEZ

Ingeniero Mecánico  
Universidad Nacional  
de Colombia  
"EL CARTEL del HUMOR"



## DIAGRAMACION

LUIS EDUARDO LEON  
"EL CARTEL del HUMOR"



## IMPRESION

SENA - Sección de  
Publicaciones 1991



Derechos Reservados:  
**SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL**  
Prohibida su reproducción total o parcial

# Contenido



Presentación	5
A manera de introducción	10
¿Qué es un MATERIAL TECNOLÓGICO CERÁMICO?	11
Proceso cerámico	14
Esquema general del proceso cerámico - Materias primas - Arcilla - Caolinita - Ilita - Montmorillonita	
Desengrasantes	27
Sílice - Feldespatos - Otros sólidos	
Agua	31
Otros líquidos	
Preparación de pastas	34
Moldeo y secado	35
Cocción	38
Decoración	42
Vidriado	43
Resumen	43



<b>¿QUE PROPIEDADES DISTINGUEN A ESTOS MATERIALES?</b>	<b>44</b>
<b>¿Cómo se pueden clasificar LOS MATERIALES CERAMICOS?</b>	<b>45</b>
<b>Cerámica fina</b>	<b>46</b>
<b>Cerámicas refractarias - Nuevas cerámicas - Cerámicas dieléctricas</b>	
<b>Loza</b>	<b>47</b>
<b>Loza natural - Loza de talco - Loza fina - Loza semivitra</b>	
<b>Gres</b>	<b>48</b>
<b>Gres fina - Gres natural - Gres técnicamente vitrea - Gres jaspe - Gres basáltica</b>	
<b>Porcelana</b>	<b>49</b>
<b>Porcelana china - Porcelana de hotel - Porcelana doméstica Porcelana de huesos - Porcelana de frita - Porcelana de alta resistencia - Porcelana de cocina</b>	
<b>Resumen</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>52</b>



## A manera de introducción



Como dice Reed en su obra "Principios de proceso cerámico", este proceso "es un arte viejo pero una ciencia aplicada joven". Tan clásico es que los antropólogos señalan la iniciación de la civilización de un pueblo cuando se encuentran los primeros vestigios de cerámica. A través de la historia y en las diferentes regiones del mundo este proceso ha tenido épocas de intenso desarrollo seguidas por muy largos períodos de muy poco avance. Se considera que la segunda mitad del siglo XX es un período de gran florecimiento en el cual la ciencia de los materiales abre paso a una nueva "era de la cerámica".

A través de estas publicaciones conocerá cómo la química y la física están brindando su apoyo para desentrañar la naturaleza de los materiales y los efectos que sobre ellos tienen las diversas manipulaciones, con el ánimo de contribuir a la creatividad de quienes están directamente involucrados, brindándoles una nueva visión del proceso que les permita modificarlo para obtener el máximo rendimiento del producto.



# ¿QUE ES UN MATERIAL TECNOLÓGICO CERAMICO?

Como usted sabe, para producir un artículo son necesarias tres cosas: el material, la herramienta adecuada y el técnico.

En un principio el hombre, rodeado de la naturaleza, se sirvió de ella para satisfacer sus necesidades; usó la piedra y la madera para fabricar hachas y garrotes que le permitieron cazar los animales para su sustento. Así la piedra y la madera se convirtieron en "cosas útiles", es decir, se constituyeron en "material tecnológico".

Llamamos entonces **material tecnológico** al destinado para determinado uso por parte del ser humano o que se elabora para que adquiera nuevas propiedades que lo transformen en un objeto útil. Desde el principio de la humanidad la evolución de los materiales ha sido la pauta del progreso: por ejemplo el vestido ha evolucionado desde la "hoja de parra" o los taparrabos de hoja de palma, y las pieles y lanas de diversos animales más o menos tratadas, hasta las telas de algodón y las modernas telas inarrugables de fibras sintéticas.



Se considera **material tecnológico cerámico** a los sólidos de naturaleza inorgánica, no metálicos, de estructura fundamentalmente policristalina, constituidos por granos aglomerados como consecuencia del tratamiento térmico llamado cocción ó sinterización, según el caso.



¿Cree usted que puede haber telas  
cerámicas? parece difícil, no?



En cuanto a utensilios de  
cocina muy pronto nuestros  
antepasados se dieron cuenta  
de que si se colocaba un pe-  
dazo de arcilla al fuego, esta  
se endurecía y guardaba la  
forma primitiva pudiéndose  
usar repetidas veces para  
cocer los alimentos o para  
repartir éstos entre los dife-  
rentes miembros de la familia.  
¡Cómo ha evolucionado este  
material!.



A propósito de las arcillas cada pueblo marca el principio de su civilización cuando comienza su "era de la cerámica" y según las materias primas presentes en cada región se dá o no un florecimiento de esta industria constituyéndose en factor muy importante de la historia económica de cada nación.

El ingenio del hombre logró transformar el barro en preciosos objetos de porcelana o en útiles objetos como ladrillos y tejas que constituyen desde entonces las células de la industria de la construcción, prolongando así los beneficios de las cerámicas hasta nuestros días.

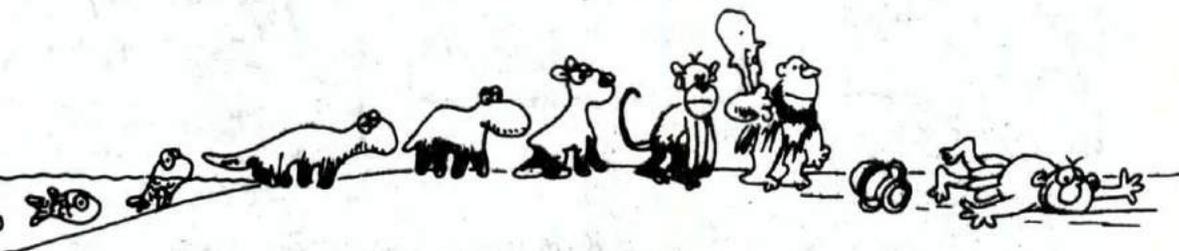
Considerando que cada era está marcada con un material tecnológico, a la era de la cerámica sucedieron las de los metales es decir, la del hierro y del bronce y en el presente siglo, con el desarrollo de los polímeros se está viviendo la era de los plásticos.

Veamos en algún detalle cual ha sido el aporte humano para transformar el barro en material tecnológico.

¿Quién no admira las preciosas porcelanas chinas finamente decoradas con técnicas desarrolladas mucho antes de nuestra era cristiana?



BERNANDEZ



La evolución del proceso de la elaboración del barro para convertirlo en cerámica está ligada íntimamente al progreso de la humanidad. Visualicemos algunos de los cambios más importantes en cada etapa del proceso.

# Proceso cerámico

Examinando a grandes rasgos el proceso de obtención de una cerámica prácticamente se ha conservado por siglos (ver cuadro No. 1).. Sus operaciones principales son:

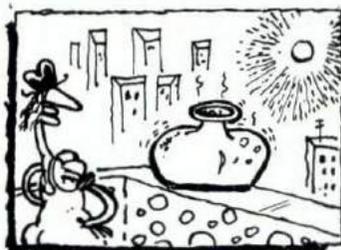
1o. Selección de materias primas.



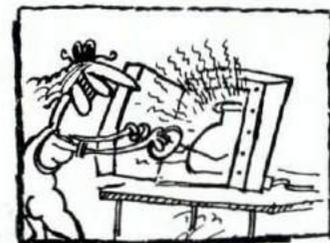
2o. Preparación de la pasta.



3o. Moldeo.



4o. Secado.



5o. Cocción.

El primer paso, es decir la selección de materias primas condiciona los otros cuatro y el producto final.

En las etapas 2a. 3a. y 4a. se suceden principalmente cambios físicos de gran importancia para lograr el éxito en el proceso de cocción.

# ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO CERAMICO



## Materias primas



Según Reed, la escogencia de una materia prima para un producto particular dependerá del costo, factores de mercado, servicios ofrecidos por el vendedor, consideraciones técnicas del proceso y requerimientos del uso y precio en el mercado del producto final.



Las materias primas para la industria cerámica presentan amplia variedad en su composición química y mineral, pureza, estructura física y química, tamaño de partícula y precio. Incluyen materiales crudos no uniformes de diversos depósitos naturales, minerales industriales refinados que han sido beneficiados para remover impurezas, aumentar la pureza mineral y la consistencia física y en procesos más avanzados se usan sustancias químicas inorgánicas con alto grado de pureza que garantizan las características físicas deseadas.



Para productos a los cuales el proceso añade considerable valor, el costo de los materiales iniciales es una componente relativamente pequeña de los costos de producción como es el caso de la producción de las nuevas cerámicas especiales. Pero en el caso de la producción de cerámica tradicional para construcción en el cual el costo del valor añadido no es muy alto, el valor de las materias primas es significativo.

Por eso al considerar el "costo-beneficio" es necesario conocer los materiales que permitan sustituciones con materiales de menor costo pero que no deterioren la calidad, o materiales que a pesar de ser más caros puedan ser procesados más económicamente o aumenten la calidad o funcionamiento del producto.



Generalmente en el proceso cerámico intervienen minerales sólidos, pulverizados y agentes que permiten desarrollar una pasta plástica que se deja moldear.

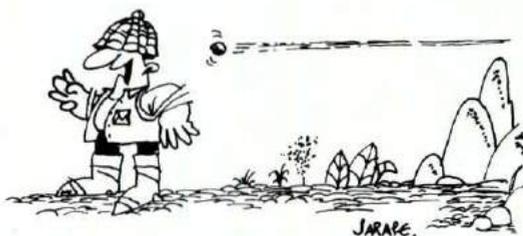
Tradicionalmente se dice que las materias primas son la arcilla o material plástico, los aditivos no plásticos llamados también desgrasantes y el agua que permite dar plasticidad a la mezcla sólida.

## Arcillas

Llamamos generalmente "arcilla" al material plástico que permite dar forma al objeto. Sin embargo, este fenómeno es demasiado genérico y tiene diferente significado para los grupos de personas que tienen que ver con ellas:

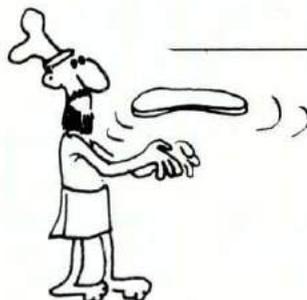
### Para los geólogos

Son: "rocas sedimentadas de depósito mecánico cuyas partículas tienen un diámetro menor de  $1/256$  mm".



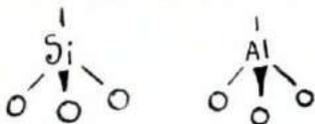
### Para los agrólogos y científicos del suelo

Son: "sistemas dispersos de los productos coloides del desgaste de las rocas por los agentes atmosféricos en los cuales predominan partículas minerales de dimensiones menores de 2 micras".



### Para los ceramistas

Son "materiales naturales terrosos de grano fino que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua".



### Para un químico

Son: "una mezcla de minerales cristalinos diferentes, presentes en la naturaleza como silico-aluminatos hidratados, con estructuras moleculares muy particulares y que se presentan en los yacimientos junto con coloides de naturaleza orgánica o inorgánica".



Las arcillas en particular están construidas en dos tipos de cristales de tamaño menor a 2 micras, laminares, construidos por dos redes simétricas: una de tetraedros de sílice rodeados por átomos de oxígeno o por iones hidróxilos y la otra de octaedros de alúmina entre la cual se encuentran iones de hierro o de magnesio generalmente.



Además se presentan en la naturaleza en forma de mezclas complejas donde no es extraño encontrar más de una especie de mineral arcilloso mezclado íntimamente con cuarzo, u otras formas de sílice, óxidos de hierro en diferente estado de oxidación y otros óxidos como alúmina  $Al_2O_3$  y titanía  $TiO_2$ . También es común encontrar materiales amorfos tipo alofánico y materia orgánica, según la historia geológica del yacimiento.



Algunas de las arcillas más comúnmente encontradas en depósitos arcillosos en Colombia son la Caolinita, la lita y la Montmorillonita.

## Caolinita

Este mineral tiene fórmula  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ; se forma por lo general de rocas sílico aluminosas, principalmente feldespáticas por acción de los agentes atmosféricos como el agua y el anhídrido carbónico del aire.

Su composición química es aproximadamente:

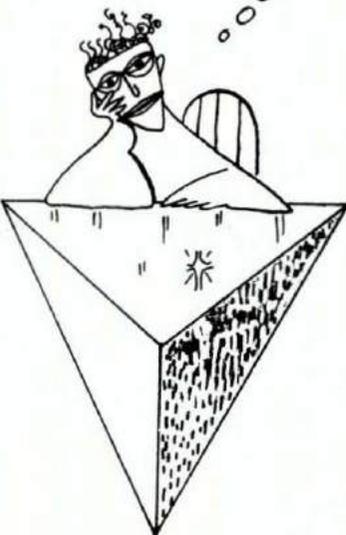
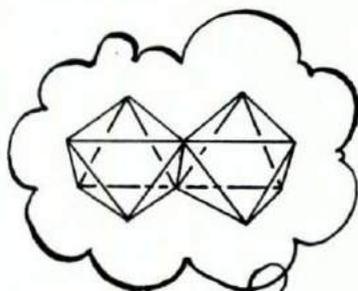
46.5% de  $SiO_2$   
39.6% de  $Al_2O_3$   
13.9% de  $H_2O$   
(Ver figura 1)

Desde el punto de vista estructural, la Caolinita está constituida por tetraedros de ( $SiO_2$ ) unidos en mallas hexagonales superpuestas a octaedros de ( $Al_2O_3$ ) también dispuestos en malla hexagonal; la unión entre estos dos estratos es asegurada por el hecho de que los octaedros de aluminio comparten iones oxígeno con los tetraedros de sílice. Los otros iones oxígeno no compartidos

están unidos a iones hidrógeno formando hidroxilos.

Cada estrato tetraédrico está unido a un octaédrico formando un filosilicato del tipo 1:1 que se convierte en una laminilla doble.

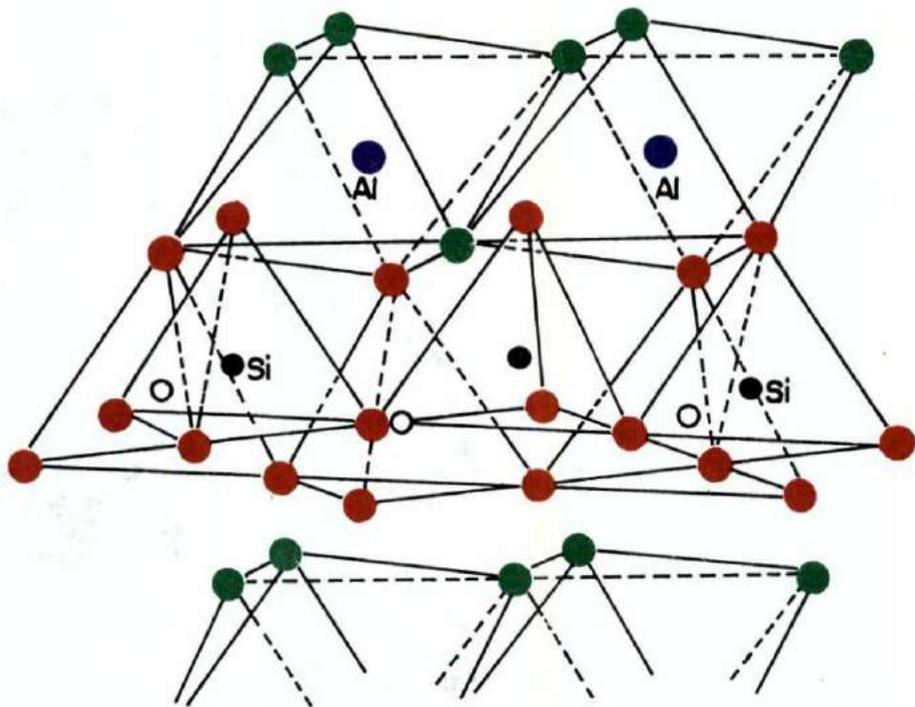
El edificio cristalino tridimensional resulta por lo tanto de la apilación de dichas laminillas unidas entre sí por débiles fuerzas intermoleculares. Por eso se dice que la Caolinita, lo mismo que los demás filosilicatos semejantes, tiene hábito foliáceo y presenta exfoliación paralela al plano de los estratos tetraédricos. Observada al microscopio electrónico se pueden ver las laminillas con contorno hexagonal.



ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA CAOLINITA

FIGURA N° 1

ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA CAOLINITA



- |     |           |    |
|-----|-----------|----|
| ●   | OXIGENO   | O  |
| ●   | OXHIDRILO | OH |
| ●   | ALUMINIO  | Al |
| ○ ● | SILICIO   | Si |

## Ilita

Su composición química media presenta los siguientes valores:

SO <sub>2</sub>	55%
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27 - 29%
K <sub>2</sub> O	02 - 08%
MgO	Variable
H <sub>2</sub> O	08 - 09%

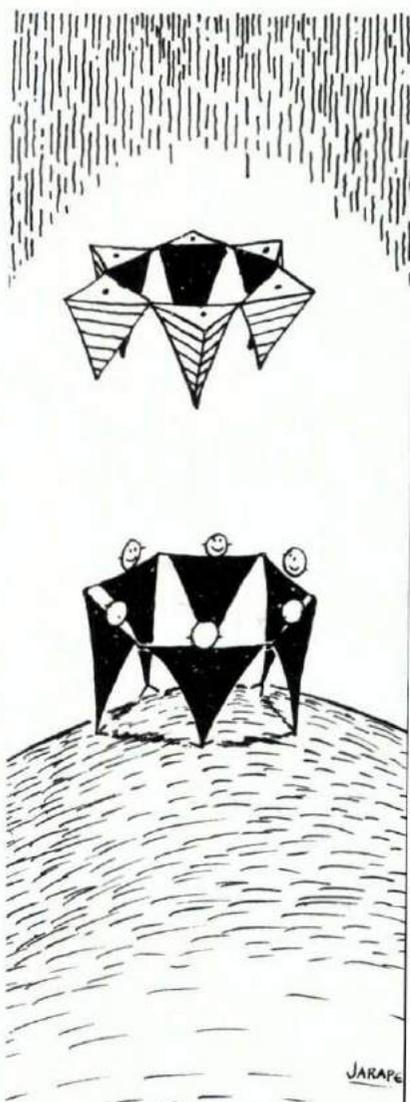
Este material pertenece al grupo de las arcillas micáceas y presenta estructura triple, es decir, en ella dos estratos tetraédricos silíceos se acoplan encerrando entre ellos un estrato octaédrico aluminico, por lo que se dice que es un filo-silicato de tipo 2:1 (Figura 2).

En el retículo cristalino de las ilitas se puede presentar magnesio y/o hierro, los cuales pueden sustituir por isomorfismo los iones aluminio en el estrato octaédrico intermedio.



Las ilitas también contienen potasio, el cual, por razones dimensionales no puede penetrar en el retículo y queda por lo tanto en el espacio comprendido entre dos laminillas triples, produciendo además fuertes fuerzas de ligación entre ellas.

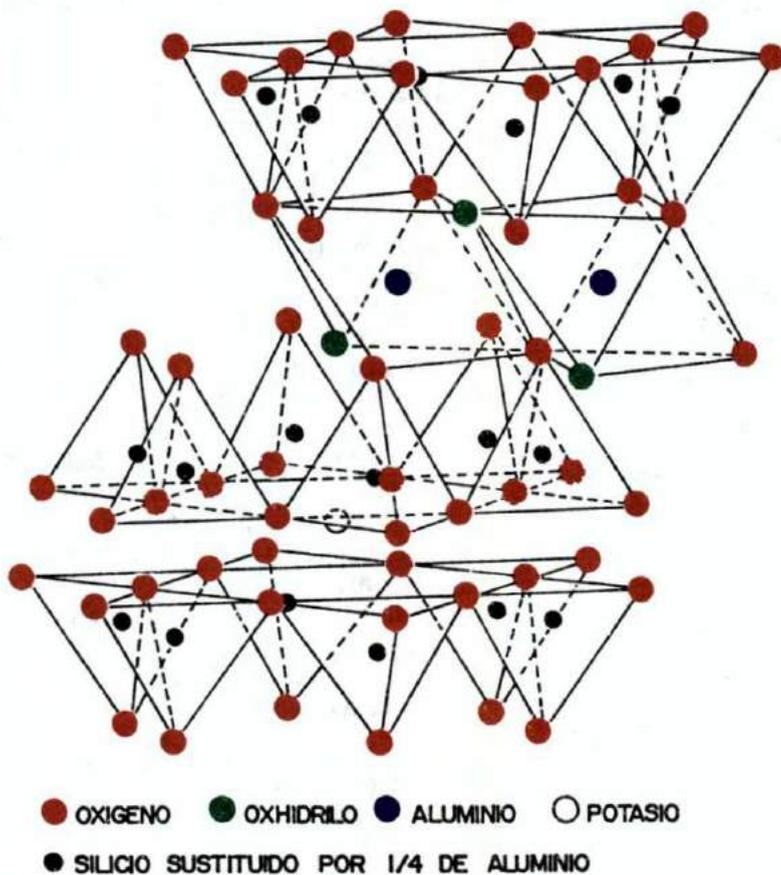
La distancia entre los paquetes laminares es de 10 angstroms Å aproximadamente.

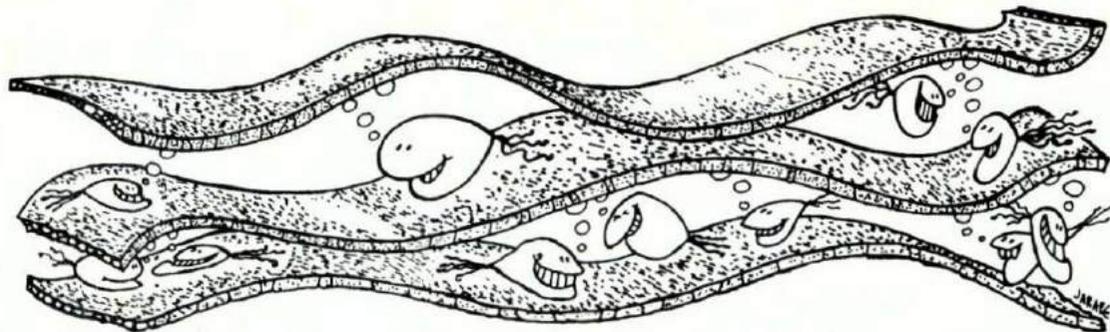


ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA ILITA

FIGURA N° 2

ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA ILITA





## Montmorillonita

Debido a su estructura, su composición química es muy variable así:

$\text{SiO}_2$	48 - 56%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	11 - 22%
$\text{MgO}$	03 - 08%
$\text{H}_2\text{O}$	12 - 14%

Este mineral es también un filossilicato del tipo 2:1 formado por la unión entre dos estratos tetraédricos silíceos y un estrato octaédrico aluminico formando una laminilla triple. Entre estas laminillas se interponen moléculas de agua o cationes cambiables.

La unión entre laminillas es muy débil, de manera que una parte del agua puede eliminarse fácilmente y reabsorberse con la misma facilidad variando así el espacio entre laminillas de 10 a 12 Å hasta un máximo de 19.6 Å.

El agua forma parte del edificio cristalino tridimensional pero, como está débil-

mente ligada, se pierde a temperaturas inferiores a 300 °C; por encima de esta temperatura se deforma la estructura cristalina y el material pierde su capacidad de reabsorber el agua.

La forma del retículo cristalino de la caolinita, la ilita y la montmorillonita, constituida por hojitas que se deslizan las unas sobre las otras es lo que determina la plasticidad de los materiales arcillosos. El agua que penetra entre dichas laminillas actúa como lubricante y hace fácil el trabajo con ellos. La caolinita tiene la menor capacidad de absorción de agua de las tres, por eso los caolines no son muy plásticos y no confieren fuerte resistencia mecánica a la pasta.

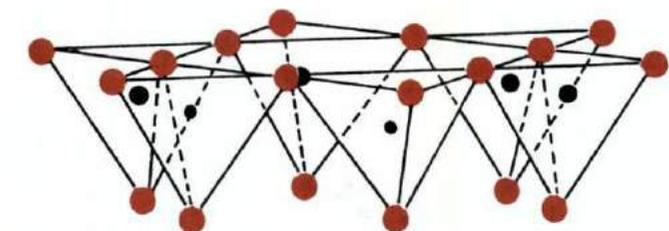
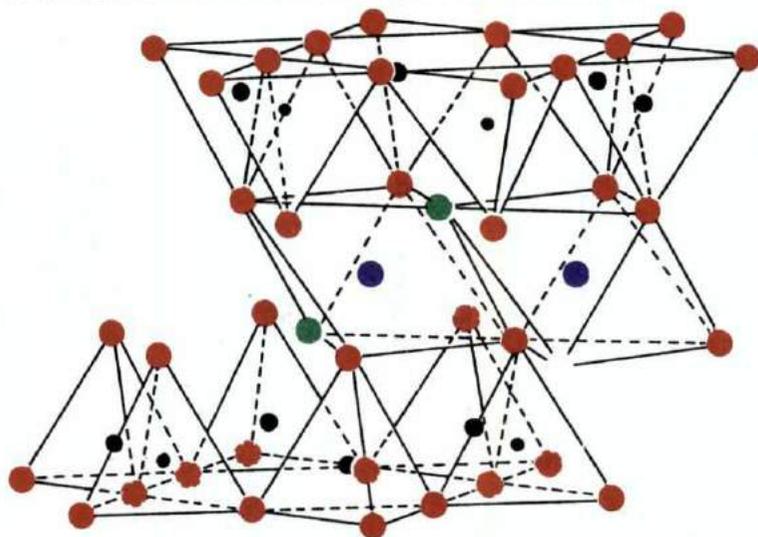
La mayor capacidad de absorción de agua la presenta la montmorillonita, la cual también es por lo tanto la más plástica, pero al perder el

agua absorbida, disminuye fácilmente de tamaño y produce agrietamiento por lo que su presencia debe ser cuidadosamente controlada y dosificada para evitar descabros en el proceso de secado.

Cuando se afronta el estudio de las arcillas se estudian tanto los minerales que se encuentran en mayor proporción, como los minerales minoritarios puesto que todos ellos contribuyen a las propiedades finales del objeto que se quiere obtener. Además los minerales arcillosos nativos vienen siempre acompañados de sílice, óxido de hierro y de titanio, carbonatos y materia orgánica, compuestos todos que al llegar a las diferentes etapas del proceso, reaccionan según su naturaleza.

ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA MONTMORILLONITA FIGURA N° 3

ESTRUCTURA ELEMENTAL DE LA MONTMORILLONITA



- OXIGENO ● OXHIDRILO ● ALUMINIO, HIERRO, MAGNESIO
- ● SILICIO, OCASIONALMENTE ALUMINIO

# Desgrasantes

Los desgrasantes son agregados no plásticos que favorecen la migración de las moléculas de agua en el proceso de secado previniendo las fracturas. A través de los tiempos y de las regiones se han usado diferentes sustancias como desgrasantes, desde pedazos de carbón de leña, estiércol y paja, hasta rocas volcánicas, conchas molidas y arena de río.



En la actualidad el manejo del desgrasante es uno de los parámetros más importantes pues según la temperatura de cocción del objeto cerámico, el desgrasante tomará parte activa en las reacciones que suceden en el proceso de cocción y contribuirá activamente en la formación de las características finales del artefacto.

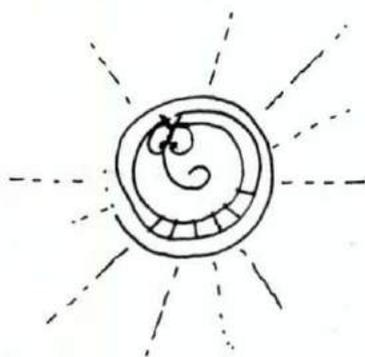
Como desgrasantes más utilizados podemos nombrar la sílice y los feldespatos.



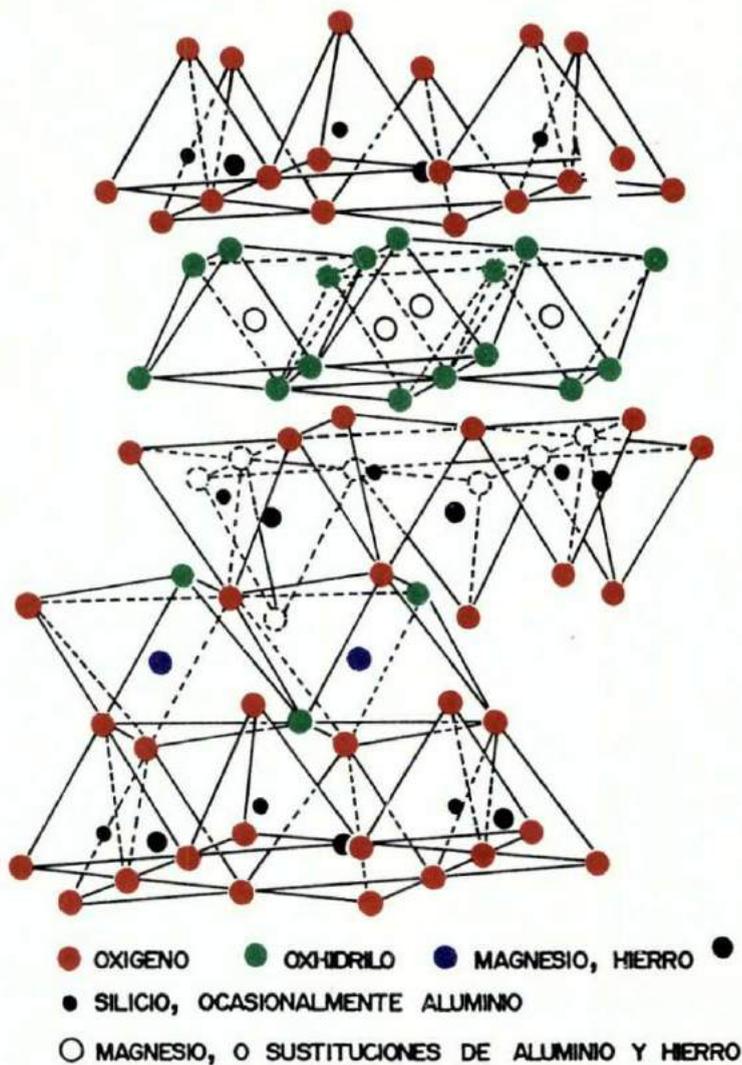
## La sílice

Generalmente es el mineral constituyente de las arenas cuarzosas y en ocasiones se encuentra interstratificada en los minerales arcillosos y en tamaño relativamente grande que permite separarla fácilmente por sedimentación.

En la industria cerámica se añade finamente molida, y sirve como desgrasante de arcillas muy plásticas colaborando además en el balance de la composición química de la pasta y contribuyendo a disminuir las contracciones producidas en el proceso de secado.



La sílice se presenta en dos formas cristalinas llamadas cuarzo  $\alpha$  y cuarzo  $\beta$ , las cuales se transforman una en otra y en forma reversible a la temperatura de 573 °C. (Ver figura 4). Tal variación se produce en forma simultánea con un aumento de volumen. En ocasiones este aumento de volumen contraresta el efecto producido por la desecación del objeto, aunque es un poco difícil de controlar, pues depende del tamaño del grano y el proceso de homogenización de la pasta.



En un programa de cocción es muy importante el tiempo de permanencia de la pasta a esta temperatura tanto en el calentamiento como en el enfriamiento pues el cambio de fase produce tensiones internas que afectan las características finales del objeto especialmente en cuanto a su fragilidad.

Cuando la sílice se funde a altas temperaturas y se deja enfriar lentamente y de forma controlada, las moléculas se ordenan en una red periódica de largo alcance formando cristales de cristobalita. Si la



sílice fundida se enfría rápidamente las moléculas carecen de tiempo suficiente para construir una red cristalina, quedan colocadas en disposición irregular en el llamado vidrio de sílice.

La gel de sílice es otra forma física de presentación de este óxido, obtenida por hidrólisis y polimerización de un compuesto orgánico de silicio por el proceso llamado SOL-GEL, y está constituida por partículas muy finas como polvo.

## Los feldespatos

Estos son aluminosilicatos anhidros de potasio y de sodio presentes generalmente en Colombia en forma de los minerales conocidos como ortoclasa, ( $KAlSi_3O_8$ ) y Albita ( $NaAlSi_3O_8$ ) y microclina en mezclas variables.

Estos minerales agregados en forma de polvo muy fino a la pasta cerámica se comportan como desgrasantes en el proceso de secado y como fundentes en el proceso de cocción.

## Otros sólidos

La alumina  $Al_2O_3$  es uno de los aditivos inorgánicos más comúnmente usados en la industria cerámica. Se obtiene a partir del mineral llamado bauxita el cual es rico en hidróxidos de aluminio, minerales arcillosos y otros minerales tales como cuarzo y óxidos de hierro. Mediante el proceso propuesto por Bayer se separa la alumina cristalina de los demás minerales que la acompañan obteniéndose en el comercio aluminas de alta pureza (99.9%) con tamaños de partícula que pueden variar entre 0.5 y 0.01  $\mu m$ . y área superficial variable entre 5 y 115  $m^2/g$ . Este material se emplea ampliamente en la producción de cerámica refractaria tipo ácido.

La magnesia  $MgO$  se obtiene industrialmente a partir de dolomita o de agua de mar que contenga  $MgCl_2$  (cloruro) o  $MgSO_4$  (sulfato). El óxido de magnesio ha encontrado enorme aplicación en la industria cerámica como componente de pastas para refractarios y dieléctricos desde hace varias décadas. En la actualidad se está incrementando su uso en cerámicas técnicas especialmente electrocerámicas y cerámicas refractarias de tipo básico.



Otras materias primas destinadas a la producción de nuevas cerámicas son la circonia  $ZrO_2$ , la titanía  $TiO_2$  y el óxido de bario  $BaO$  y en la actualidad se está estimulando la creación de técnicas que permitan la preparación de polvos cerámicos con características muy especiales de pureza, tamaño y forma de partículas.

# Agua

El principal líquido usado en el proceso cerámico es el agua; generalmente se trata con indiferencia la calidad de esta materia prima por considerarla abundante y barata. Sin embargo para el proceso el agua debe tener ciertas condiciones para que no afecte la calidad del producto y por eso en muchos casos debe ser tratada químicamente con el fin de garantizar el éxito del proceso.

Según Reed los líquidos en el proceso cerámico se añaden para humedecer las partículas de las materias sólidas y generar un medio viscoso entre ellas, además de disolver sales y compuestos y sustancias poliméricas en el sistema. Los líquidos admitidos cambian el estado de dispersión de las partículas y alteran su consistencia mecánica.



Un agente de superficie es una sustancia que se añade para reducir la tensión superficial del líquido o la tensión interfacial entre la superficie de la partícula y el líquido con el fin de mejorar la humectación y la dispersión.

Un agua de acueducto municipal así como un agua natural puede contener sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión y sales disueltas tales como cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos los cuales pueden tomar parte en las reacciones del proceso, o quedar ocluidos dentro de la masa cerámica en forma de cristales como enemigos ocultos que aflorarán posteriormente en la superficie, causando en muchos casos, agrietamientos y deterioros de las construcciones.

El agua penetra entre las pequeñísimas partículas laminares o tubulares de las arcillas, permitiendo que éstas se deslicen promoviendo la plasticidad al actuar como lubricante entre las pequeñísimas partículas, permitiendo que se acomoden para mantener la forma que se le quiere dar a la pasta en el proceso de moldeo.

La experiencia dice que la proporción de agua que debe agregarse es relativamente fija para cada tipo de arcilla y es una variable que debe controlarse cuidadosamente en el proceso, ya que con poca agua no se puede moldear la pasta y con mucha queda demasiado fluída y no retiene la forma que se le quiere dar.

La eliminación del agua de plasticidad por evaporación permite que las partículas de arcilla se acerquen unas a otras; este proceso debe hacerse lentamente en el período de maduración, pues si se hace muy rápido se generan tensiones internas que producen fractura del objeto moldeado. La contracción que se presenta depende de los minerales arcillosos presentes, que como ya habíamos dicho, tiene mayor o menor avidez por el agua.



El proceso de secado se favorece cuando existen en la pasta partículas de tamaño más grandes que la arcilla, puesto que dejan espacios suficientes entre las estructuras arcillosas que facilitan la migración de las partículas de agua hacia la superficie. En el secado se pierde el agua de plasticidad, por eso conviene añadirle a la pasta arena u otras sustancias con grano mayor que actúan como rellenos no plásticos o desgrasantes. En el proceso de cocción, entre 400 y 600 °C, se pierden las moléculas de agua que existen entre las estructuras arcillosas, como constituyentes de estas, destruyéndose así el ordenamiento de estos cristales.

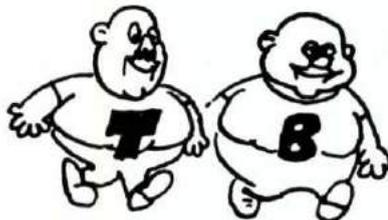
## Otros líquidos

Líquidos no acuosos tales como tricloro etileno, alcoholes, cetonas, aceites refinados de petróleo y ceras líquidas son aditivos que se usan en los procesos de producción de cerámicas técnicas como medios líquidos y para suspender materiales que pueden reaccionar con agua cuando existen problemas de dispersión de partículas o de secado de pastas; a menudo actúan además como agentes de superficie y comunican viscosidad satisfactoria que permite manejar la pasta en forma semejante al efecto causado por el agua a las mezclas arcillosas tradicionales.



En general estas sustancias tienen menor tensión superficial y constante dieléctrica que el agua y ayudan a la humectación de los sólidos. Algunas soluciones acuosas utilizadas para preparar barbotinas incluyen alcohol etílico, tricloroetileno o metiletilcetona. Las mezclas de alcoholes ofrecen satisfactorias propiedades físicas y químicas y son higiénicamente seguras; además tienen bajo punto de ebullición y disuelven cualquier impureza acuosa que pueda causar hidratación de los sólidos.

Otras sustancias que actualmente encuentran aplicación en este proceso son el terpineol y el butil carbinol los cuales muestran además baja volatilidad.



## Preparación de las pastas.

Según grabados encontrados en el antiguo Egipto las arcillas se amasaban a mano o pisando el material, procedimiento que prácticamente se usa aún en chircales artesanales.

Este proceso se ayudaba, como ahora, con largos períodos de envejecimiento en el "puertero", durante los cuales se desarrollaba la plasticidad deseada. En la antigüe-

dad se inició el amasado con ayuda de diversas fuentes de energía como los molinos de agua en China o los movidos por caballos en Nueva Inglaterra. Sólo hasta finales del siglo XIX se utilizaron máquinas de vapor para amasar en las industrias de porcelana y lojería.

En este proceso se trata de conseguir una mezcla homogénea de las materias primas, que además sea susceptible de recibir fácilmente una forma determinada.

El comportamiento plástico es la característica física que se persigue. La composición química y mineralógica de la mezcla condicionan las características del producto final.



## Moldeo y Secado

Ya en el antiguo Egipto se inició el uso del torno o rueda del alfarero como lo atestiguan grabados cuya antigüedad se remonta a 3500 años a. de J.C. y otros hallados en Creta con aproximadamente 3600 años de antigüedad; se puede considerar que una de las primeras máquinas diseñadas por el hombre es el torno de alfarería con el cual se aumentó la velocidad de trabajo accionándolo manualmente, con el pie o con ruedas impulsadas por algún tipo de energía.



Según múltiples evidencias arqueológicas podemos afirmar que la cerámica se obtenía por métodos manuales, constituyéndose en una de las primeras actividades creativas del ser humano.

En el siglo XVIII se practicaba en Europa la obtención en serie de figuras por colada y a finales del siglo XIX GOETZ patentó el proceso de floculación. En la actualidad la industria sigue utilizando estos métodos y otros como el prensado isostático en frío y en caliente para la producción de numerosos objetos, especialmente materiales de construcción.

Para moldear objetos planos se ideó posteriormente un torno para trabajar con molde que permitió la obtención de piezas iguales una tras otra. La utilización de moldes de bizcocho cocido se inició por los años 2500 a. de J.C. en China y en Grecia. El yeso se empezó a utilizar en Italia en la época del Renacimiento para facilitar el moldeo y por su capacidad de absorción de agua.



Como ya dijimos el agua añadida promueve la plasticidad al actuar como lubricante entre las pequeñísimas partículas de la arcilla permitiendo que se deslicen y acomoden para mantener la forma que se le quiere dar a la pasta en el proceso de moldeo.

El proceso de moldeo tiene múltiples formas de lograrse. La tradicional, de la cual veníamos hablando, en la cual la pasta humedecida y homogenizada adquiere la forma que se le quiere dar manual o instrumentalmente; el proceso de colado en el cual una pasta fluída, a la que se le da el nombre de barbotina, se vierte en un molde de yeso el cual extrae la humedad y comunica la figura a la suspensión de arcilla, y por extrusión procesal en el cual la pasta debidamente humedecida es tratada al vacío y extraído por boquillas que liberan una porción continua de determinada forma, la cual se puede ir cortando para obtener por ejemplo los ladrillos de un determinado tamaño. Estos salen lo suficientemente compactos como para poder ser transportados y apilados en el secadero.

Debido a que en este proceso se inutilizan grandes áreas durante períodos de tiempo relativamente grandes

En el proceso de **secado** el agua migra hacia la superficie y las partículas de arcilla se acercan produciendo una cierta contracción del objeto.

Si la **evaporación** es muy rápida se generan tensiones internas que producirán posteriormente fracturas.

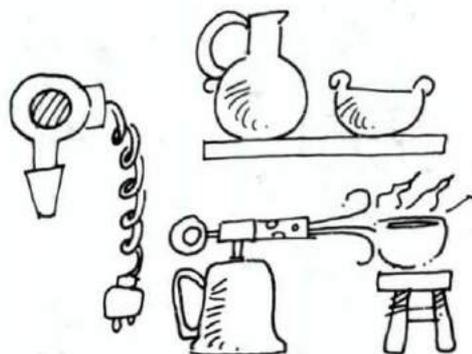
El objeto **moldeado seco** adquiere cierta resistencia que permite transportarlo y apilarlo en el horno sin que sufra deformación.



se idearon los "hornos secadores"; a estos sucedieron el horno de barbotina y el filtro prensa máquina universalmente utilizada durante el presente siglo y que últimamente ha venido ha complementarse con el expulsor de aire al vacío, idea muy original y que ha prestado muy buena ayuda a la industria cerámica actual.

El secado de las pastas acudió inicialmente al calor del sol y a la aireación natural, como se sigue haciendo aún en muchas de nuestra industrias, aprovechando estos recursos abundantes y baratos.

Los industriales de materiales de construcción están empleando ya otros sistemas de moldeo como son el prensado en semi-seco y en frío y el prensado en caliente.



Estos procesos se han ideado para eliminar las operaciones de adición de agua para plastificar la arcilla y el subsiguiente proceso de secado, lento y costoso por el tiempo y energía requeridos. Por prensado en semi-seco y frío las humedades que se manejan son menores y los ciclos de secado son más económicos.

En el secado en caliente las piezas sometidas a condiciones controladas de presión, temperatura, tiempo y atmósfera sufren en una sola operación las transformaciones físicas y químicas entregando directamente el producto terminado, el cual se puede obtener con condiciones de mayor precisión dimensional ya que la contracción por cocción se produce en el molde durante la única operación.



También se logra un control mayor de la microestructura de las piezas mediante este proceso cuando se controlan las diversas reacciones y las transformaciones de fase que tiene lugar.

El conocimiento de los mecanismos que suceden en cada una de las etapas del proceso junto con el de las interacciones entre los materiales, es motivo de investigaciones actualmente, puesto que la amplia variabilidad de composición presentada por los yacimientos arcillosos exige que la industria efectúe ajustes constantemente para garantizar unas especificaciones de su producto dentro de ciertos intervalos de variabilidad.

## Cocción

Los primeros recipientes cerámicos se cocían en la hoguera al aire libre como aún lo hacen algunas tribus primitivas de nuestro continente.



¿Cuándo se construyó el primer horno?. Es posible que los chinos emplearan hornos tipo colmena antes de la era cristiana y posiblemente también los egipcios alcanzaron esta tecnología.

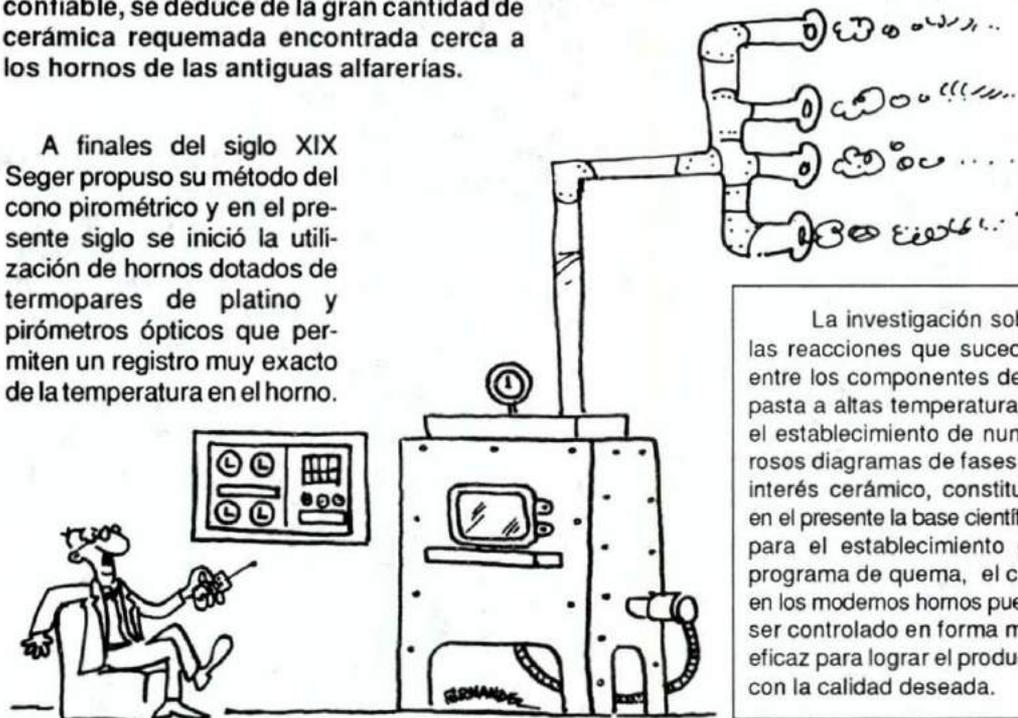
El primer horno de túnel se construyó sólo hasta el siglo XVII en Francia pero no fue aceptado hasta bien adelantado el siglo XX cuando, después de muchos experimentos se logró comprender cómo funciona y las ventajas que ofrece, como bajo consumo de combustible y reducción de mano de obra. La colocación de los materiales en el horno ha evolucionado relativamente poco desde el apilamiento en cajas u ollas, método actualmente usado en producciones artesanales, hasta la colocación abierta en cajas de refractarios que favorecen la producción mecanizada.

Una de las primeras preocupaciones de los alfareros fue la estimación de la temperatura apropiada para la cocción. El cálculo se hacía primitivamente al ojo y se expresaba como "rojo oscuro", "rojo cereza", o "rojo blanco".



Pero este método que no era muy confiable, se deduce de la gran cantidad de cerámica requemada encontrada cerca a los hornos de las antiguas alfarerías.

A finales del siglo XIX Seger propuso su método del cono pirométrico y en el presente siglo se inició la utilización de hornos dotados de termopares y pirómetros ópticos que permiten un registro muy exacto de la temperatura en el horno.



La investigación sobre las reacciones que suceden entre los componentes de la pasta a altas temperaturas y el establecimiento de numerosos diagramas de fases de interés cerámico, constituye en el presente la base científica para el establecimiento del programa de quema, el cual en los modernos hornos puede ser controlado en forma muy eficaz para lograr el producto con la calidad deseada.

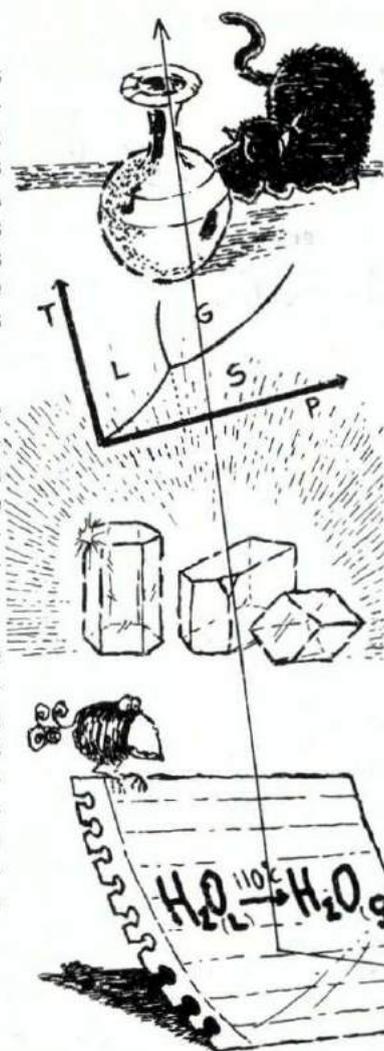
También la atmósfera del horno ha merecido atención desde que se determinó que la coloración final puede cambiar según el combustible usado y las condiciones de aireación internas.

El proceso de cocción es el momento en el cual se suceden las reacciones químicas que promueven las características finales.

Sus principales variables son la secuencia o programa de calentamiento, la atmósfera del horno y los materiales no arcillosos. A grandes rasgos podemos visualizar qué sucede en las diferentes temperaturas de calentamiento a condiciones normales de presión así:

Entre 100 y 150 °C se elimina el agua de plasticidad. El objeto adquiere la firmeza necesaria para que pueda manipularse sin deformación en su traslado y apilamiento en el horno.

Entre 400 y 600 °C se elimina el agua de cristalización y se empieza a cambiar la estructura de las arcillas. Si como desgrasante hay carbonatos o materia orgánica se inicia su descomposición con producción de gases y el artículo adquiere una alta porosidad.



Entre 600 y 900 °C se rompe la estructura de las arcillas, se inicia el desarrollo de fases cristalinas y la acción de las fundentes promueve la formación de vidrio el cual actúa como cementante y empieza a llenar los poros dejados por los gases y vapores desprendidos.

Entre 900 y 1750 °C se desarrollan las fases cristalinas, se promueve la eliminación de poros y el artículo adquiere la macroestructura que lo va a caracterizar y a 1750 °C se funde.

Generalmente en cerámica tradicional nunca se alcanzan temperaturas tan altas.

En el caso de los procedimientos de cocción bajo presión las complejas reacciones que se suceden pueden controlarse, conociendo claramente la composición química y mineralógica de las materias primas, y lograr el producto con características macroestructurales programadas.

La atmósfera del horno puede ser oxidante o reductora y su principal influencia se nota en el color.

En atmósfera oxidante se oxida la materia orgánica y se produce H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>.

El Fe II oxida a Fe III produciéndose cerámica de colores amarillos, color piel y rojos a temperaturas entre 700 y 800°C. Por sobrecalentamiento se producen manchas color café.

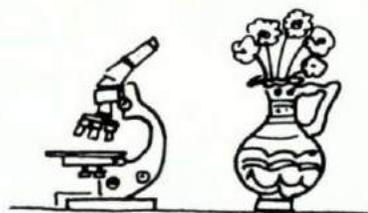


En atmósfera reductora se reduce la materia orgánica dando carbono libre. El hierro pasa de Fe III a Fe II y a Fe<sup>0</sup> metálico comunicando a los objetos colores negros o gris. En ocasiones ésta temperatura reductora se propicia al final del proceso con el fin de depositar negro de humo en la superficie de la vasija dándole un acabado negro brillante, como en el caso de la cerámica artesanal de "La Chamba" Tolima.

Los materiales no arcillosos añadidos inicialmente como desgrasantes puede reaccionar también a altas temperaturas. Como ya se dijo el cuarzo de las arenas del río tiene una forma cristalina llamada cuarzo la cual a 573°C tiene otra forma cristalina llamada cuarzo y esta reacción es reversible (Ver figura N°4) La sílice temperaturas mayores de 900°C. puede organizarse en otras formas cristalinas conocidas como cuarzo, tridimita y

crystalita o reaccionar con la alúmina para formar mullita.

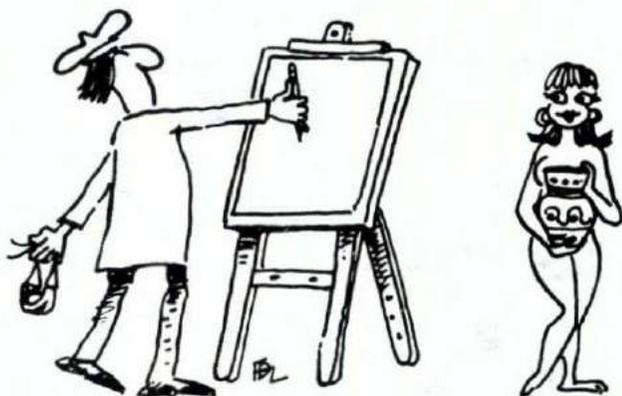
Los feldespatos, minerales que generalmente están asociados a los minerales arcillosos y como ya se dijo contienen iones alcalinos en su composición, actúan como fundentes promoviendo la formación de vidrio, el cual une como cemento las partículas cristalinas y compacta el producto.



## Decoración

Los primitivos se sirvieron de varias formas para comunicar belleza a los objetos que producían, desde pequeñas ranuras hechas con pedazos de concha y decorados con engobes de colores más intensos, hasta el recubrimiento con negro de humo como aún se practica en la CHAMBA Tolima; la decoración con tierras y sales metálicas ha sido práctica muy conocida desde la antigüedad como lo atestiguan las cerámicas chinas y egipcias.

A mediados del siglo XIX se inició el uso de los colores cerámicos como los conocemos ahora. Con el ánimo de popularizar la cerámica decorada se idearon, desde el siglo XVIII, los métodos de impresión por transferencia, técnica que fue favorecida más tarde con el invento de la calcomanía que permite la impresión de varios colores.

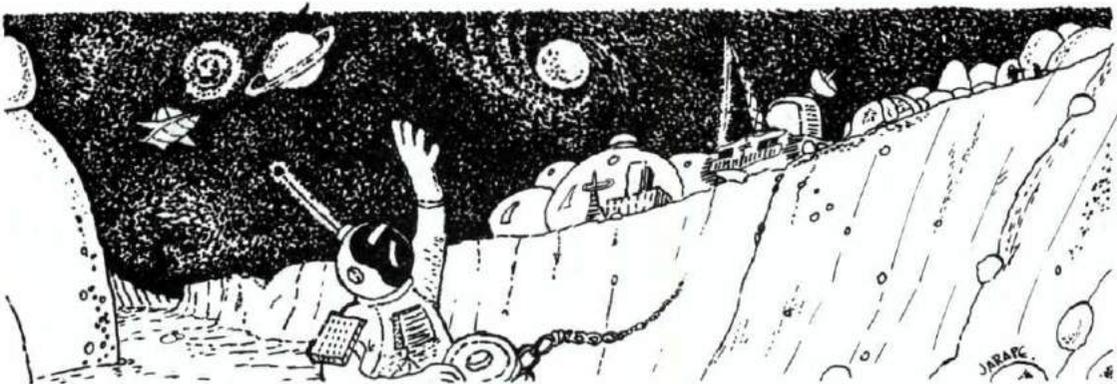


Actualmente se aplica también el método de la serigrafía para producir en serie muchos objetos decorados uniformemente.

Los vestigios cerámicos de la época Ming en China y los Egipcios muestran que en épocas remotas estos pueblos aplicaban su vidriado como barbotina por inmersión y por pulverización, técnicas aún vigentes entre nosotros. La obtención de los materiales de vidriado en la antigüedad debió ser un proceso largo y engorroso que lograba obtener materiales de muy buena calidad como los que actualmente se obtienen con moderna tecnología.

Al finalizar el siglo XX se está gestando una nueva era la de "la cerámica avanzada" o de "los materiales cerámicos de alta tecnología". Esto quiere decir que el material cerámico está marcando de nuevo el desarrollo humano, reemplazando en alguna forma a los metales y a los plásticos y ofreciendo nuevos

materiales tecnológicos con usos muy diversos. ¿Implica esto que el barro cocido se puede elaborar de otra manera que la tradicional? o ¿a qué se da ahora el nombre de CERAMICA?. De esto se hablará en la publicación N° 2 INDUSTRIA CERAMICA MODERNA de esta serie.



## Resumen

*El ser humano a través de su historia ha ideado numerosas formas de elaborar la arcilla para transformarla en cerámica destinada a muchos usos, es por ésto que la cerámica se considera material tecnológico.*

*Recordemos también que la historia de la civilización de cada pueblo se inició con la era de la cerámica y que con la generación de cada nuevo material tecnológico se inicia una nueva era.*

# ¿QUÉ PROPIEDADES DISTINGUEN A ESTOS MATERIALES?



Los materiales cerámicos se distinguen por su inalterabilidad y estabilidad de forma, dureza y resistencia mecánica al calor y a la interperie, elevada capacidad aislante a la electricidad, así como buena resistencia a la corrosión frente a numerosos agentes químicos. Estas virtudes se deben a los fuertes enlaces que mantienen unidos sus constituyentes, propiedad que a la vez es la causante del mayor inconveniente que presentan; su fragilidad.

Las propiedades externas del material final tienen pues relación con la disposición y configuración de las partículas constituyentes de las materias primas, su forma de cementación y los poros o cavidades que pueden quedar, particularidades que pueden observarse generalmente a simple vista.

La investigación científica ha determinado que esta dependencia está estrechamente relacionada tanto con la estructura atómica, molecular y cristalina de los componentes de la pasta, como del proceso seguido para su obtención.



# ¿COMO SE PUEDEN CLASIFICAR LOS MATERIALES CERAMICOS?

Clasificar significa agrupar en clases: una clase es una categoría dentro de la cual se agrupa un conjunto de elementos, organismos, individuos u objetos que poseen en común algunas características que los relacionan entre sí y a la vez los distinguen de otros grupos o categorías.

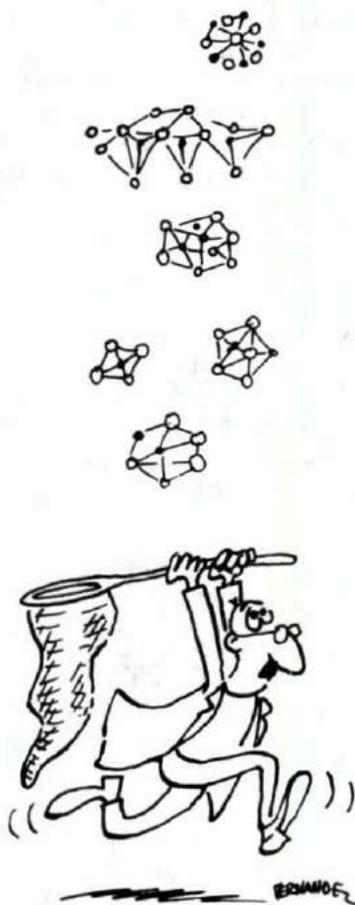
Se han propuesto numerosas formas de clasificación de las cerámicas siguiendo los más diversos criterios como los detalles del proceso de obtención, las materias primas utilizadas o su aplicación utilitaria.

En éste último sentido encontramos la comúnmente llamada Cerámica Roja que comprende los ladrillos, tejas y alfarería común; la Cerámica fina que va desde el gres, la cerámica para baños e instalaciones sanitarias a la vista, hasta la loza y vajillería fina; los refractarios para procesos que se realizan a altas

temperaturas y la porcelana aislante eléctrica comúnmente usada en transformadores, rosetas e interruptores.

En esta numeración no se puede olvidar la cerámica artística, la cerámica química y la tal vez menos conocida porcelana para prótesis dental que puede considerarse como la precursora de las nuevas cerámicas.

La industria de la Cerámica Roja produce esencialmente piezas cerámicas que se usan en trabajo estructural y comprende principalmente el ladrillo y el bloque hueco. Sin embargo, respondiendo a los requerimientos de los arquitectos y constructores, en la actualidad se están produciendo gran variedad de baldosas, perfiles y diversos enchapes de gran belleza y funcionalidad que permiten su uso a la vista.



# Cerámica fina

Forma de pasta cerámica de estructura fina controlada, que puede ser vidriada o no. Cuando esta rama de la cerámica comprendía principalmente el servicio de mesa y la cerámica artística, las palabras "cerámica blanca" habían sido una expresión genérica, utilizada por largo tiempo para definir dicha rama. Pero ahora el campo se ha ampliado en muchas otras formas de cerámica de grano fino y el término cerámica blanca ya es menos expresivo. Las pastas de cerámica fina suelen dividirse en triaxiales, en las que predominan los componentes de la arcilla, cuarzo y feldespato, y no triaxiales, que además de los anteriores contienen cantidades importantes de otros materiales.

## Cerámicas refractarias

Elaborados con altos contenidos de alumina o de magnesia y utilizadas en procesos industriales de fundición como los de vidrio o metales.

## Nuevas cerámicas

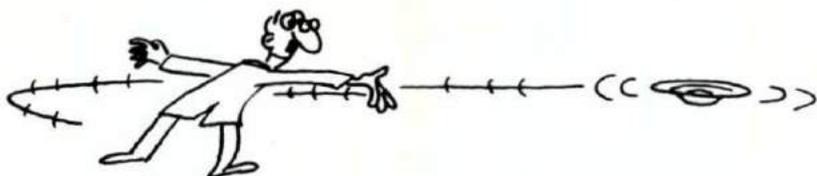
Estos modernos materiales constituyen la base para desarrollos tecnológicos actuales y se elabora a partir de compuestos inorgánicos de alta pureza..

(véase publicación N°2  
INDUSTRIA CERAMICA  
CLASICA Y MODERNA)



## Cerámicas dieléctricas

Formuladas principalmente para la construcción de aislantes de muchos tamaños utilizadas en instalaciones eléctricas.



# Loza

Artículos vidriados o no, de porosidad media a alta. La loza puede subdividirse en:

## Loza natural

Que suele fabricarse de una sola arcilla sin refinar.



## Loza de talco

Que contiene considerable proporción de talco.



## Loza fina

Fabricada de arcillas refinadas y no plásticas. Pasta triaxial.



## Loza semivitrea

Término que se refiere a la clase americana cocida a porosidad media. Pasta triaxial.



Con estos materiales se producen artículos para mesa, cocina, hornos, baldosas y artísticos.



## Gres

Cerámica vidriada o no fabricada en gran parte de arcillas gredosas, cocidas a porosidad baja, pero no translúcida. La gres puede dividirse en:

### Gres fina

Fabricada de una sola mezcla de arcilla, y no plásticos. De éstas se encuentran muy variados productos, utilizados en cocción de alimentos, baldosas, vajilla de mesa y productos artísticos.



### Gres natural

Fabricada de un solo tipo de arcilla sin refinar,



### Gres técnicamente vitrea

Cuidadosamente mezclada y cocida a porosidades bajísimas para la industria química.

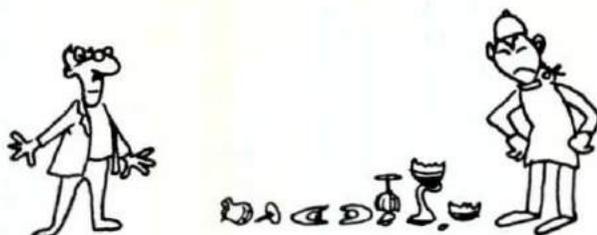
### Gres de jaspe

Principalmente a base de compuestos de bario.

### Gres basáltica

De materiales de alto contenido en óxido de hierro.

Las dos últimas se utilizan principalmente para obras artísticas.



## Porcelana

Variedad dura, translúcida, normalmente de composición triaxial, cocida a baja temperatura (bizcocho) y vidriada a alta temperatura. En algunos casos se somete a "cochura" de un solo paso, como la porcelana eléctrica. El material no es poroso y es translúcido.

### Porcelana ("china")

Es la forma translúcida, de porosidad escasa o nula, vidriada y madurada por segunda cocción a la misma temperatura o a temperatura algo inferior que el bizcocho. A veces recibe una sola cochura. La porcelana puede dividirse en:

### Porcelana de hotel

Pasta triaxial con pequeño porcentaje de calcio, cocida a baja porosidad y que presenta fuerte consistencia.



### Porcelana de huesos

("bone china"), con gran proporción de cenizas de huesos para dar mayor translucidez. Se fabrica principalmente en Inglaterra.



### Porcelana doméstica

Del mismo material que la clase anterior pero en formas más finas a fin de que sea más translúcida.



## Porcelana de frita

Contiene un fundente vítreo mediante el cual se logra gran translucidez.



## Porcelana de cocina

Material de bajo coeficiente de dilatación térmica que suele contener minerales de cordierita o de litio. Existe la calidad que puede introducirse en el horno y la que resiste a la llama, con la que se prepara la comida sobre los quemadores.



## Porcelana de alta resistencia

Material en que todo el cuarzo o parte del mismo se sustituye por alúmina.

Prácticamente todos los productos nombrados se obtienen exclusivamente a partir de materias primas naturales, esencialmente arcilla, sílice y feldespatos por lo cual se agrupan ahora en lo que se llama "Cerámica Tradicional" para distinguirlos de la naciente "Nueva Cerámica", "Cerámica Avanzada" o "Materiales Cerámicos de Alta Tecnología".

Los materiales cerámicos tradicionales, por provenir de materias primas abundantes en la naturaleza son usados ampliamente gracias a su valor relativamente bajo; sin embargo su uso está limitado por sus desventajas inherentes a la fragilidad y a la pobre resistencia a los choques mecánicos y térmicos. Nos preguntamos entonces, ¿si ésto es así, porqué se insiste en la cerámica como nuevo material tecnológico?. Esta respuesta la hallará en la publicación N° 2 de CERAMICA MODERNA.

## Resumen

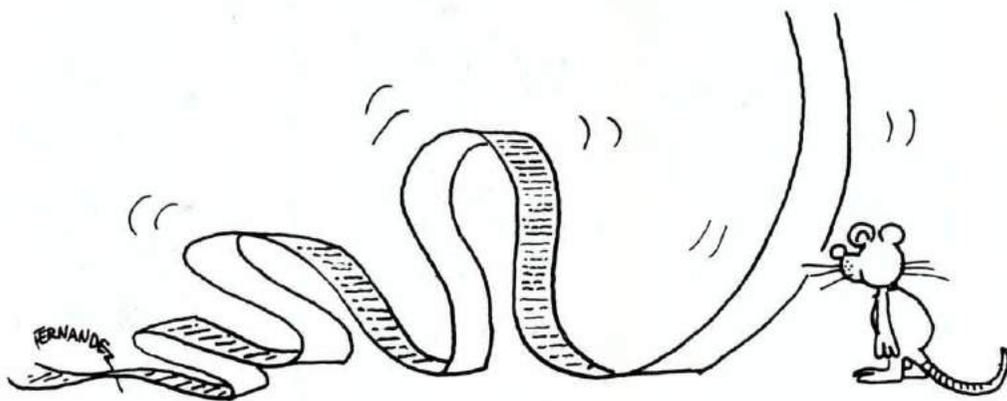


*La materia prima para el material cerámico tradicional, son los materiales arcillosos, los cuales son mezclas más o menos complejas de minerales arcillosos y otras sustancias también minerales con partículas muy pequeñas y que por su tamaño tienen propiedades particulares.*

*Los minerales arcillosos pueden ser o no ser plásticos según la capacidad que tengan de formar películas acuosas entre su estructura cristalina.*

*Un material cerámico es un material tecnológico obtenido de materias primas minerales a las cuales se puede comunicar plasticidad para moldearlas y finalmente someterlas a cocción para fijar su forma y propiedades.*

*Al generalizar establecemos que el panorama de las cerámicas se debe ampliar desde la figurita o vajillas de barro cocido y los materiales tradicionales de construcción a otros materiales que se obtengan por procesos semejantes y que exhiban las propiedades de ser sólidos de naturaleza inorgánica, no metálicos, de estructura policristalina endurecidos por procesos térmicos, aunque no tengan origen en las arcillas.*



## Bibliografía

2. NORTON, F.H. 1988. "Cerámica Fina". Tecnología y Aplicaciones. Tercera Edición Ediciones Omega S.A. Barcelona.
1. REED JAMES S. 1988. Introduction to the principles of ceramic processing 1ª Ed. Jhon Wiley & Son, U.S.A.

