

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

## ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE ARTICULOS SANITARIOS DE PORCELANA VITRIFICADA

TESIS DE GRADO

RAUL E. FAJARDO UGAZ

JAVIER B. VERASTEGUI LAZO

SANTIAGO F. VEGA MELGAR

LUIS A. ZEGARRA LEPPIANI

LIMA - PERU

1968

## P R O L O G O

El mantenimiento de la alta tasa de crecimiento poblacional, y la progresiva integración de los peruanos a la vida urbana de nuestro país, están exigiendo, por parte del sector industrial, un desarrollo en igual proporción y, más aún, en mayor intensidad debido al hecho de que es necesario cubrir el déficit industrial existente. Este desarrollo es particularmente importante en la industria de la construcción, ya que ésta satisface una necesidad primaria, cual es la de vivienda.

Siendo parte indispensable de esta industria, el ramo de fabricación de aparatos sanitarios, hemos realizado el estudio de la instalación de una fábrica de artículos sanitarios tal que cubra la creciente demanda existente, disminuyendo la importación de estos artículos, lo cual redundará en beneficio del país.

La presente tesis es un estudio bastante completo de los requerimientos para la eficiente instalación de una fábrica de artículos sanitarios en el país.

Para la consecución de nuestro objetivo, hemos tratado de integrar y aplicar la mayor cantidad de conocimientos adquiridos a través de los cinco años de vida universitaria en las aulas de nuestra Facultad.

El estudio realizado comprende, en términos generales: el análisis del mercado del producto y de las materias primas, de la tecnología del proceso y del equipo utilizado, de la aplicación de las técnicas de la Ingeniería de Producción necesarias para llevar a cabo el proyecto, concluyendo con la evaluación económica del mismo.

Para terminar, queremos expresar nuestro agradecimiento a la Srta. Norma Verástegui L., a los Sres. Angel Fajardo R. y Moisés Fajardo R. y a todas aquellas personas que colaboraron de una u otra forma en la realización del presente proyecto.

Los Autores.

## I N D I C E   G E N E R A L

	PAG.
CAP. I.- GENERALIDADES .....	1
CAP. II.- HISTORIA .....	4
CAP. III.- ANALISIS DEL MERCADO .....	7
3.1 Generalidades, pag 7.- 3.2 Consumo aparente, en los últimos años, pag 7.- 3.3 Proyección de la demanda, pag 11.- 3.4 Oferta nacional, pag 14 .- 3.5 La vivienda y la demanda de sanitarios en el Perú, pag 16.- 3.6 Comercialización de los ar- tículos sanitarios, pag 19.- 3.7 Conclusiones, pag 23.	
CAP. IV.- MATERIAS PRIMAS .....	24
4.1 Generalidades, pag 24.- 4.2 El caolín, pag 25.- 4.3 La sílice, pag 29.- 4.4 El feldespatos, 35.- 4.5 Otras materias primas, pag 37.- 4.6 El yeso, pag 45.- 4.7 Barnices o vidriados, pag 46 .- 4.8 Disponibilidad y ubicación de las mate- rias primas en el país, pag 48.	
CAP. V.- ESMALTE, VIDRIADO O BARNIZ .....	52
5.1 Generalidades, pag 52.- 5.2 Tendencias en la Industria, pag 52.- 5.3 Constituyentes del bar- niz, pag 54.- 5.4 Opacificantes, pag 60.- 5.5 Arcillas, pag 61.- 5.6 Feldespatos, pag 61.- 5.7 Agentes defloculantes, pag 61.- 5.8 Gomas, pag 62.- 5.9 Colores para esmaltes cerámicos, pag 63 .- 5.10 Coordinación entre pastas y esmaltes, pag 70.- 5.11 Defectos de los esmaltes, pag 72.	
CAP. VI.- ESTUDIO DE LA TECNOLOGIA DEL PROCESO .....	76
6.1 Generalidades, pag 76.- 6.2 Estudio general del proceso, pag 76.- 6.3 Estudio detallado del proceso, pag 79.- 6.4 Adaptación del proceso, pag 113.	

	PAG.
CAP. VII.- ESTUDIO Y SELECCION DEL EQUIPO .....	118
7.1 Generalidades, pag 118.- 7.2 Quebrantadora de mandíbula, pag 119.- 7.3 Molino de muelas verticales, pag 121.- 7.4 Molino de bolas, pag 124.- 7.5 Tamices vibradores - separador magnético, pag 127.- 7.6 Mezcladora (almacenamiento de la barbotina), pag 129.- 7.7 Bomba de membrana, pag 123.- 7.8 Secador, pag 134.- 7.9 Equipo de esmaltado, pag 137.- 7.10 Horno túnel pag 141.	
CAP. VIII.- ANALISIS Y ENSAYOS .....	147
8.1 Generalidades, pag 147.- 8.2 Toma de muestras, pag 148.- 8.3 Ensayos físicos, pag 148.- 8.4 Análisis químicos, pag 160.- 8.5 Instrumental requerido, pag 164.	
CAP. IX.- LOCALIZACION DE LA PLANTA .....	166
9.1 Generalidades, pag 166.- 9.2 Selección de los lugares para la ubicación de la planta, pag 167.- 9.3 Mercado, pag 167.- 9.4 Transporte, pag 169.- 9.5 Mano de obra, pag 171.- 9.6 Suministros, pag 172.- 9.7 Materia Prima, pag 173.- 9.8 Características del lugar, pag 174.- 9.9 Resumen, pag 175.- 9.10 Conclusiones, pag 175.	
CAP . X.- DISPOSICION DE LA PLANTA .....	176
10.1 Generalidades, pag 176.- 10.2 Elaboración del diagrama de operaciones del proceso, pag 177.- 10.3 Determinación de las áreas de producción y auxiliares, pag 177.- 10.4 Análisis de proximidad entre las diferentes áreas, pag 178.- 10.5 Elaboración del diagrama de interrelaciones, pag 179.- 10.6 Requerimientos de espacio, pag 182.- 10.7 Elaboración del arreglo preliminar, pag 190.- 10.8 Consideraciones modificatorias y determinación del layout, pag 190.	
CAP. XI.- ORGANIZACION INDUSTRIAL Y DESCRIPCION DE PUESTOS .....	194
11.1 Generalidades, pag 194.- 11.2 Organigrama de la empresa, pag 195.- 11.3 Funciones de los departamentos, pag 197.- 11.4 Descripción de puestos, pag 202.	
CAP. XII.- ESTUDIOS DE SEGURIDAD .....	211
12.1 Generalidades, pag 211.- 12.2 Organización interna de seguridad, pag 212.- 12.3 Normas de	

de seguridad a adoptarse, pag 213.

CAP	XIII.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO .....	221
	13.1 Generalidades, pag 221.- 13.2 Capital de inversión, pag 221.- 13.3 Costo de producción, pag 224.- 13.4 Equilibrio entre producción y ventas, pag 225.- 13.5 Financiamiento, pag 244.	
CAP.	XIV.- CONCLUSIONES .....	245
	BIBLIOGRAFIA .....	247
	APENDICES .....	249

## CAPITULO I

### 1.1 GENERALIDADES .-

Los aparatos sanitarios constituyen un importante rubro dentro de la industria de la cerámica blanca y comprenden una gran variedad de inodoros, piletas, lavatorios, bidets, urinarios y otros productos similares. Todos estos se utilizan en la construcción de viviendas, hospitales, edificios, para la atención del público, etc., y en ciertos vehículos de transporte. Estos materiales utilizan tanto pastas vítreas como semivítreas, tales como:

- i) Arcilla refractaria.- Son aquéllos que llevan un barniz para encubrir la textura y el color oscuro del cuerpo; este barniz o vidriado tiene la misma composición que los vidriados para loza común. Generalmente, antes del vidriado se le aplica un engobe, el que es una mezcla que se atomiza o vierte sobre el cuerpo, para cubrirlo. La temperatura de cocción para este tipo de sanitarios varía entre 1200 y 1300°C.
- ii) Arcilla de loza.- Son hechos de una textura y composición similar a la empleada en la manufactura de la vajilla de loza y recubiertos por un vidriado también similar al de dicha vajilla. Este tipo de sanitarios sólo es fabricado actualmente en Inglaterra en grandes cantidades. En otros países ha sido dejado de lado debido a que necesita pasar por dos cocciones.
- iii) Porcelana vitrificada.- Estos han desplazado casi totalmente a los otros tipos. La gran ventaja de estos sanitarios estriba en el hecho de que son completamente compactos y sin porosidad. No hay necesidad de explicar por qué la propiedad de no absorción de hume-

dad sea más deseable en cada aparato usado para la higiene.

De estos tres tipos de sanitarios, es más recomendable el de porcelana vitrificada por sus propiedades, su calidad y por el hecho de que solamente requiere de una cocción.

Como el objeto de esta tesis es el estudio de la fabricación industrial de los sanitarios de porcelana vitrificada, sólo diremos aquí algunas propiedades principales de esta clase de productos, tratándolos más detalladamente en el curso de este trabajo.

## 1.2 GENERALIDADES SOBRE LA PASTA DE LA PORCELANA VITRIFICADA.-

En la composición de una pasta de porcelana vitrificada no sólo se emplea una mezcla de diferentes caolines y arcillas, sino que existe la necesidad de agregarles otras materias para corregir ciertos defectos. Si se emplease solamente una mezcla como la citada se tendría una excesiva plasticidad, impidiendo ésta que los objetos confeccionados conservasen sus formas durante la manipulación y cocción; además existirían rupturas durante el secamiento y la contracción sería demasiado grande. Para corregir estos defectos se agregan materias llamadas "antiplásticas o desgrasantes", como el cuarzo.

Como las arcillas, caolines y materias desgrasantes tienen una temperatura de fusión bastante elevada, si queremos obtener un producto que sea vitrificado hay necesidad de agregar sustancias que tengan una temperatura de fusión más baja; estas sustancias se llaman fundentes y las más empleadas en la industria son el feldespato y el carbonato de calcio.

El empleo de estas tres clases diferentes de materias (plásticas, desgrasantes y fundentes) debe estar en una proporción tal que la pasta obtenida sea fácilmente moldeable y que, durante el cocimiento, la vitrificación sea lo más perfecta posible sin que dé lugar a deformaciones apreciables en los objetos.

1.2.1 Propiedades Físicas.- La porcelana vitrificada es mala conductora del calor y de la electricidad; tiene una densidad que varía entre 2.3 y 2.4.

1.2.2 Composición Química.- La porcelana vitrificada es un silicato múltiple de aluminio, potasio y sodio que contiene además pequeñas porciones de Hierro, Magnesio y Calcio.

1.2.3 Propiedades Químicas.- Los ácidos minerales no la atacan a excepción del ácido Fluorhídrico, que la ataca fácilmente. La potasa, la soda y los carbonatos y lejías alcalinas la atacan en muy pequeña escala.



## CAPITULO II

### H I S T O R I A

La cerámica constituye el ramo de los conocimientos humanos de más remota tradición técnica.

Las propiedades plásticas de las arcillas han sido utilizadas en todos los tiempos y por todos los pueblos; en el origen de todas las civilizaciones se hallan vestigios de su empleo.

Suele atribuirse la primacía en cuanto a antigüedad a los barro cocidos egipcios que se han hallado en abundancia en las antiguas necrópolis, en donde los egipcios tenían la costumbre de depositar diversos objetos que consideraban útiles para los muertos. Entre estos objetos se han encontrado, con mayor frecuencia, vasijas para diferentes usos, estatuillas, etc.

La más antigua de las producciones cerámicas fue la de los ladrillos resecados simplemente al sol (adobes), a los cuales se comunicaba algunas veces mayor resistencia mezclando con la pasta paja cortada o fibras de junco.

El alfarero egipcio sabía modelar el barro, tornearlo y cocerlo en hornos adecuados. De esta época data un gran número de vasijas tales como los ápodos, utilizados para la conservación de alimentos, y objetos de carácter religioso como los vasos canapes, las estatuillas re-

presentando divinidades, los amuletos, etc. Estos últimos se hacían a menudo barnizados o recubiertos de esmaltes multicolores, lo cual prueba la perfección del esmaltado y decorado cerámicos alcanzada entre los antiguos egipcios.

Las producciones de la cerámica griega tienen una importancia excepcional pues los alfareros griegos llevaron su arte a un alto grado de perfección.

Los primitivos artículos cerámicos de los griegos son groseros en su confección: el alfarero se inspiraba en la forma humana y la reproducía de una manera grotesca. Más adelante fue reemplazado este estilo por la ornamentación geométrica. Hacia la época corintia (siglo VI A.C.) el alfarero perfeccionó su arte: las formas eran de ejecución notable y tenían un acabado perfecto. El siglo IV A.C. marca la decadencia del arte griego-

Los alfareros romanos sufrieron la influencia de la cerámica griega y sus producciones desaparecieron con el imperio.

En Roma, las más características son las vasijas antiguas fabricadas con pastas de color vivo; las vasijas "sigiladas" (sigillum=sello) o decoradas en relieve por la aplicación del sello grabado a la pasta cruda, los ladrillos llamados "legionarios" que llevaban impresos los números o marcas de las legiones romanas que los empleaban para la construcción de sus campamentos.

Los romanos fueron los primeros en fabricar los artículos cerámicos sanitarios en cuya manufactura lograron alcanzar un alto grado de perfección, lo cual se prueba por el buen estado de conservación de aparatos y tuberías sanitarias de construcción halladas en ciertos pueblos de la Francia Meridional y de Italia.

Con el declinamiento del imperio romano, esta rama de la cerámica cayó en un completo olvido del cual no se recuperó hasta la mitad del siglo XIX.

Durante la "gran migración" en Europa (siglos IV, V, y VI de nuestra era), la industria cerámica, junto con la mayor parte de las otras formas de cultura, fue destruída.

Muchos siglos transcurrieron antes de que retornase a Europa el arte cerámico por la vía del norte de Afri-

ca y España. Durante estos siglos, en Persia, China y Japón se desarrolló y perfeccionó la fabricación de los artículos cerámicos, especialmente en los últimos países citados donde, según algunos documentos, las primeras porcelanas se remontan al año 86 de nuestra era. Estas porcelanas alcanzaron, en su época de mayor prosperidad, una calidad aún no igualada.

A mediados del siglo XVII y, merced al intercambio comercial en Europa, se iniciaron numerosas tentativas para imitar los productos importados del extremo oriente. Fue así como se inició el renacimiento de la industria cerámica en Europa, el cual se vio acelerado por el descubrimiento del caolín por Donnet en 1760 y por la influencia del arte cerámico moro.

A mediados del siglo XIX los artículos sanitarios de cerámica volvieron a fabricarse en Europa, siendo Inglaterra el primer país que manufacturó estos artículos exclusivamente por algún tiempo; pero, desde el comienzo de esta centuria, Francia, Alemania y Norteamérica empezaron a producirlos con una buena calidad competitiva.

El desarrollo de modernas técnicas de cocción, el perfeccionamiento en la confección de los vidriados, la mayor pureza de los constituyentes y la constante investigación acerca de los procesos físicos y químicos que ocurren a altas temperaturas, han hecho posible que la cerámica deje hoy el abismo de lo empírico dando ancho paso a la luz de la ciencia.

En nuestro país, la fabricación de los artefactos sanitarios data de 1941, año en el cual se estableció la primera y única fábrica existente.

## CAPITULO III

### A N A L I S I S   D E L   M E R C A D O

#### 3.1 GENERALIDADES .-

En este capítulo hemos tomado en cuenta las consideraciones del mercado que nos indicarán si la instalación de una fábrica de sanitarios es factible o no.

En términos generales, estas consideraciones se refieren a la importación, producción, consumo y proyección de la demanda de artefactos sanitarios en nuestro país.

#### 3.2 CONSUMO APARENTE EN LOS ULTIMOS SEIS AÑOS .-

El consumo aparente se obtiene sumando la producción nacional con la importación. Se dice aparente porque no tiene en cuenta las existencias, es decir, que podría darse el caso de que no se consumiera el total de la producción más la importación, sino que se produjera un cambio en el nivel de existencias durante el año en cuyo caso, el consumo real no coincidiría con el consumo aparente. Esto puede suceder cuando haya una deficiencia en el abastecimiento del mercado, tal como una paralización; este caso sucedió en nuestro país en los años 1963 y 1964, en los que se paralizó la producción de la fábrica más importante de artefactos sanitarios.

Es, sin lugar a dudas, el rubro de los sanitarios aquél que mayor oportunidad ofrece para el desarrollo de la industria cerámica en el Perú. En 1965 se importaron 182,000 piezas por un valor estimado de 43 millones de soles.

La importación durante los últimos seis años se ha detallado en el cuadro 3.1, donde se puede apreciar el crecimiento de la demanda del artículo importado.

CUADRO 3.1

Importación de artefactos sanitarios

Año	<u>Peso bruto (kg).</u>	Valor en S/.	<u>Nº de piezas</u>
1960	896,499	13'424,954	44,825
1961	1'209,833	18'812,597	60,941
1962	1'414,405	21'719,067	70,720
1963	1'519,076	21'133,284	75,854
1964	3'227,435	38'349,185	161,377
1965	3'638,517	----	181,926

Nota.- Se ha estimado que cada pieza en promedio pesa 20 kg.

La producción nacional se ha realizado por una sola fábrica, la que paralizó en 1963. Su producción alcanzó 87,600 piezas en 1962. El resumen desde 1960 se detalla en el cuadro 3.2

CUADRO 3.2

Producción nacional de artefactos sanitarios

Año	<u>Valor en S/.</u>	<u>Nº de piezas</u>
1960	7'564,068	58,245
1961	9'254,629	59,405
1962	15'996,467	87,623
1963	----	----
1964	----	----
1965	----	50,000

En 1965 esta fábrica reinició su producción alcanzando las 50,000 piezas y cubriendo de este modo el 22 % del consumo total. Se estima que en el futuro esta fábrica cubra algo más de la mitad de la demanda.

VALOR EN  
MILLONES DE SOLES

NUMERO DE PIE-  
ZAS - MILES

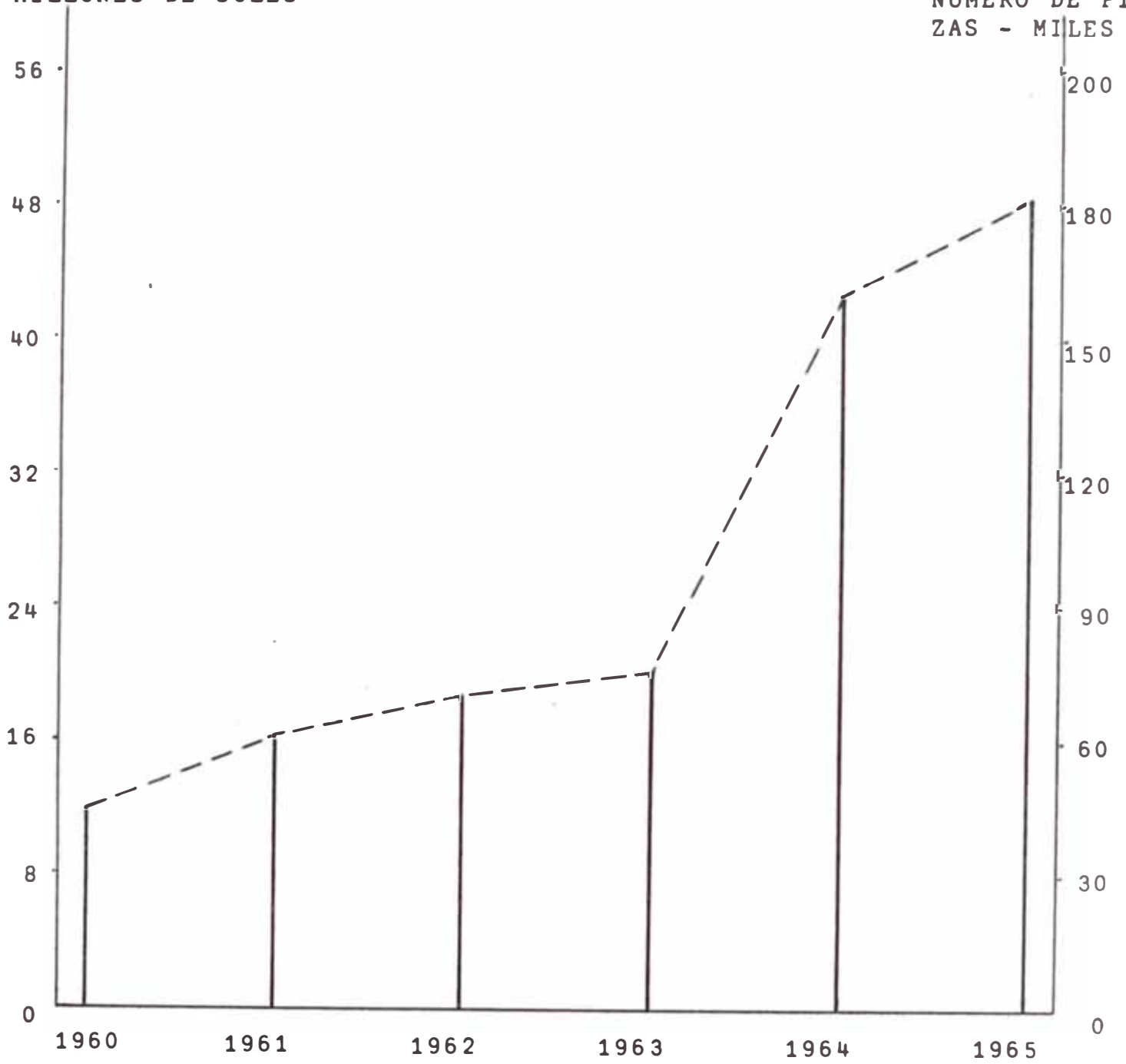


FIGURA 3.1

IMPORTACION DE APARATOS SANITARIOS

VALOR EN  
MILLONES DE SOLES

NUMERO DE PIE-  
ZAS EN MILES

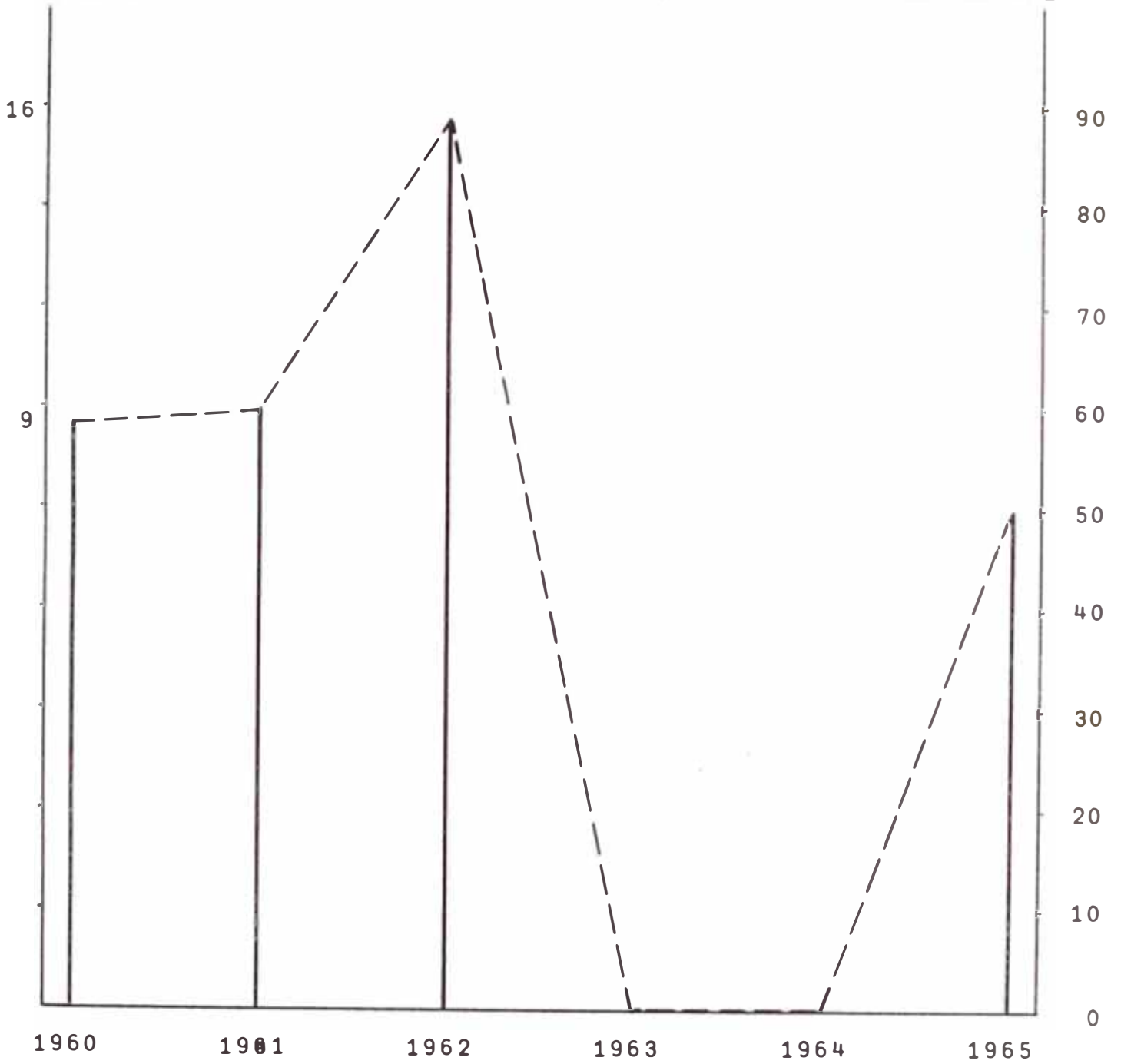


FIGURA 3.2

PRODUCCION NACIONAL DE APARATOS SANITARIOS

El total del consumo aparente de los últimos seis años se resume en el cuadro 3.3.

CUADRO 3.3

Consumo aparente de artefactos sanitarios

Año	Valor en S/.	Nº de <u>piezas</u>	% nacional	% <u>impor.</u>
1960	20'989,022	103,070	57.0	43.0
1961	28'067,226	119,896	50.0	50.0
1962	37'715,534	158,343	55.0	45.0
1963	21'133,284	75,854	--	100.0
1964	38'349,185	161,377	--	100.0
1965	----	231,926	21.5	78.5

Nota .- Los porcentajes de consumo aparente de artefactos nacionales e importados vienen dados con respecto al número de piezas.

El crecimiento del consumo aparente entre 1960 y 1965 ha sido sorprendente, correspondiéndole una tasa acumulativa anual algo mayor del 17 %. Empero, este crecimiento no fue uniforme; por ejemplo, el consumo de 1963 descendió a 75,800 piezas, esto es, menos de la mitad del año anterior.

Cabe anotar que actualmente la producción nacional es de 10 a 12 mil piezas mensuales.

### 3.3 PROYECCION DE LA DEMANDA .-

Se tratará de aproximar un pronóstico de la demanda futura, principalmente en base a las cifras del consumo aparente, teniendo también en cuenta los factores que pueden haber afectado la tendencia de la misma y los cambios ocurridos o previsibles de dichos factores.

El análisis de las cifras del consumo aparente (en número de piezas de artefactos sanitarios) del cuadro 3.3, nos muestra una tasa acumulativa de crecimiento del 17.6% anual para el período comprendido entre 1960 y 1965. La tendencia es bastante continua salvo la fuerte depresión de 1963, ocasionada por la paralización de la fábrica nacional a raíz de la cual surge la baja del consumo aparente a un nivel inferior al de 1960. Es éste un caso típico en el que el consumo aparente posiblemente difiere en lo sustancial



NUMERO DE PIEZAS

EN MILES

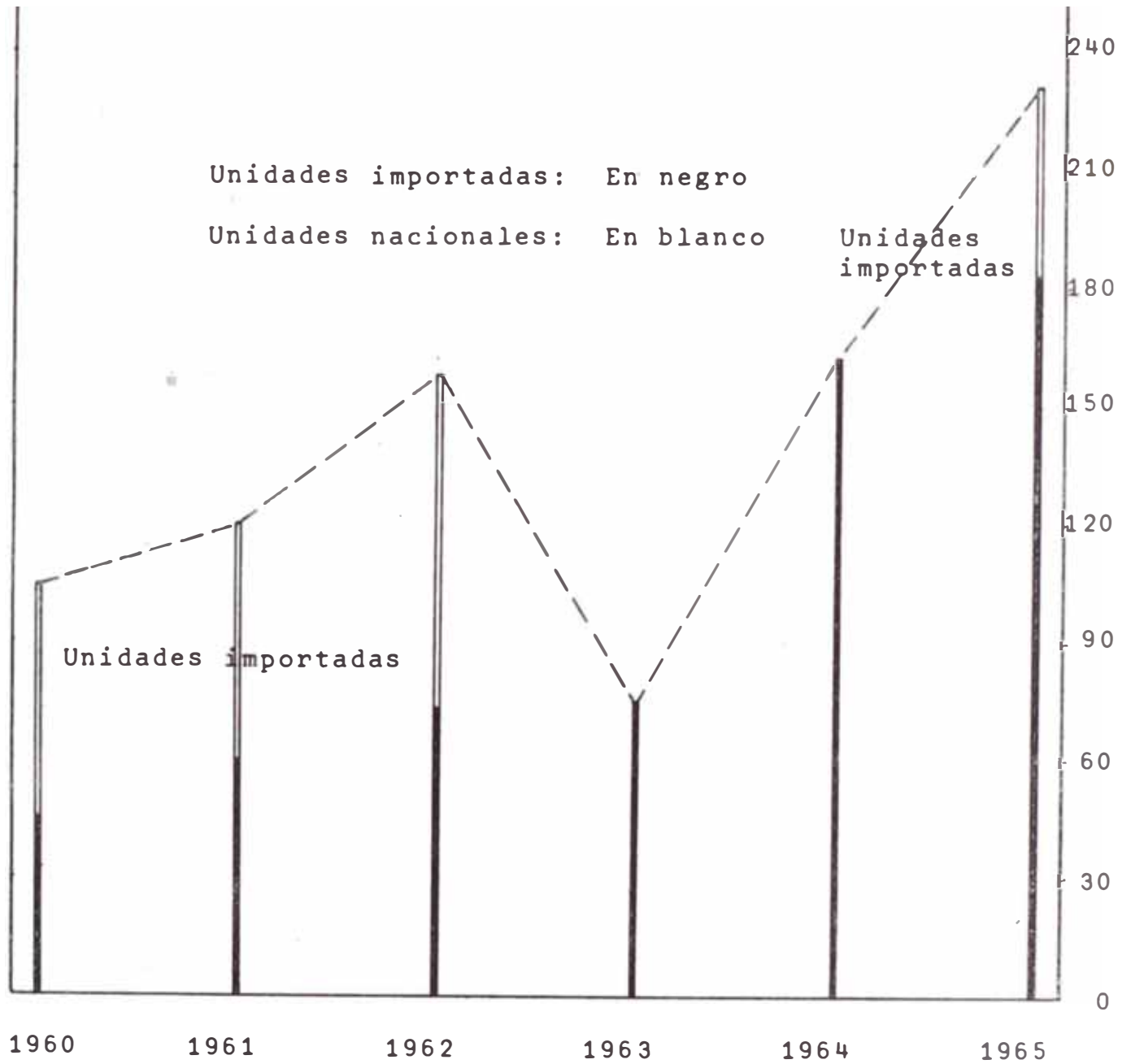


FIGURA 3.3

CONSUMO APARENTE DE APARATOS SANITARIOS

del consumo real.

Al paralizar totalmente la fábrica en 1963, es indudable el hecho de que se llegasen a agotar las existencias en almacén. Al mismo tiempo la demanda se volcó sobre los artefactos importados y, al no poder reaccionar la importación al ritmo que lo exigía la demanda inesperada, se originó un agotamiento similar en las existencias de sanitarios.

Finalmente reaccionó la importación y, en 1964, sobrepasó al doble de 1963; así llegó a satisfacer el consumo real de 1964 e incluso a restablecer las existencias normales de los almacenes. Quizá ésto no haya llegado a suceder hasta 1965, año en el que se reabre la fábrica nacional bajo diferente razón social. En dicho año las importaciones superan nuevamente a las del año anterior en más de un 10 % y, como la nueva fábrica llega a producir 50,000 piezas en seis meses, el consumo aparente es alto.

Sin embargo, no tenemos cifras referentes a las existencias acumuladas pero no hay duda de que son mayores que en 1960, año en el que la importación fue la cuarta parte de la de 1965.

Si ajustamos las cifras del consumo aparente, introduciendo una suposición de que las existencias sean equivalentes a la cuarta parte del consumo aparente anual, es decir, un stock correspondiente al consumo de tres meses, tendríamos que las existencias habrían aumentado de 1960 a 1965, en un rango desde 25,000 en 1960 hasta 60,000 en 1965.

Ahora bien, si asumimos que las existencias se agotaron en 1963 debido a la paralización de la fábrica, tendremos que descontar del consumo aparente de 1964 y 1965, la cantidad correspondiente a la formación de la existencia de 60,000 piezas asumida para fines de 1965. Si la descontamos íntegramente de la producción e importación de 1965, tendríamos que el consumo real baja a 172,000 unidades en lugar de las 232,000 correspondientes al consumo aparente.

En esta forma la tasa anual de crecimiento del consumo real será, para el período de cinco años siguientes, del 11.3%. Se puede ver claramente la importancia de conocer el volumen de las existencias con mayor exactitud para poder determinar el consumo real.

Si desechamos la alta cifra correspondiente a 1965 y consideramos solamente de 1960 a 1964, tendremos que la tasa de crecimiento del consumo aparente ha de ser del 11.7% anual, lo que concuerda mejor con los resultados obtenidos para el consumo real.

En conclusión, en base a las cifras del consumo aparente, nos inclinamos a pronosticar el crecimiento de la demanda y del consumo real en un 11% anual aproximadamente partiendo de un consumo real aproximado de 172,000 unidades en el año de 1965.

#### CUADRO 3.4

##### Pronóstico para el consumo real

Año	Consumo real	
1966	191,000	piezas
1967	212,000	"
1968	235,000	"
1969	261,000	"
1970	290,000	"
1971	322,000	"

#### 3.4 OFERTA NACIONAL .-

La única fábrica dedicada a la elaboración de artefactos sanitarios es "Cerámica del Pacífico S.A.", anteriormente "Industria Nacional de Cerámica y Anexos S.A." (INCA), en trabajo desde 1941 hasta 1963. Después de ser declarada en liquidación extrajudicial y estar parada más de dos años, se formó en base a ella la "Cerámica de Pacífico S.A.", ocupando las mismas instalaciones de la fábrica INCA S.A.

Se encuentra ubicada en el Km. 5.5 de la Av. Argentina, con desvío ferroviario propio, sobre 30,000 metros cuadrados, de los cuales 20,000 son techados y el doble en planta. Las grandes secciones de fabricación son: vajilla y productos de loza, sanitarios, refractarios y materias primas industriales.

Las instalaciones de Cerámica del Pacífico S.A. son bastante modernas. La capacidad de producción de sanitarios es de 10 a 12 mil piezas mensuales, y cuenta con modernos hornos-tunel.

NUMERO DE PIEZAS  
EN MILES

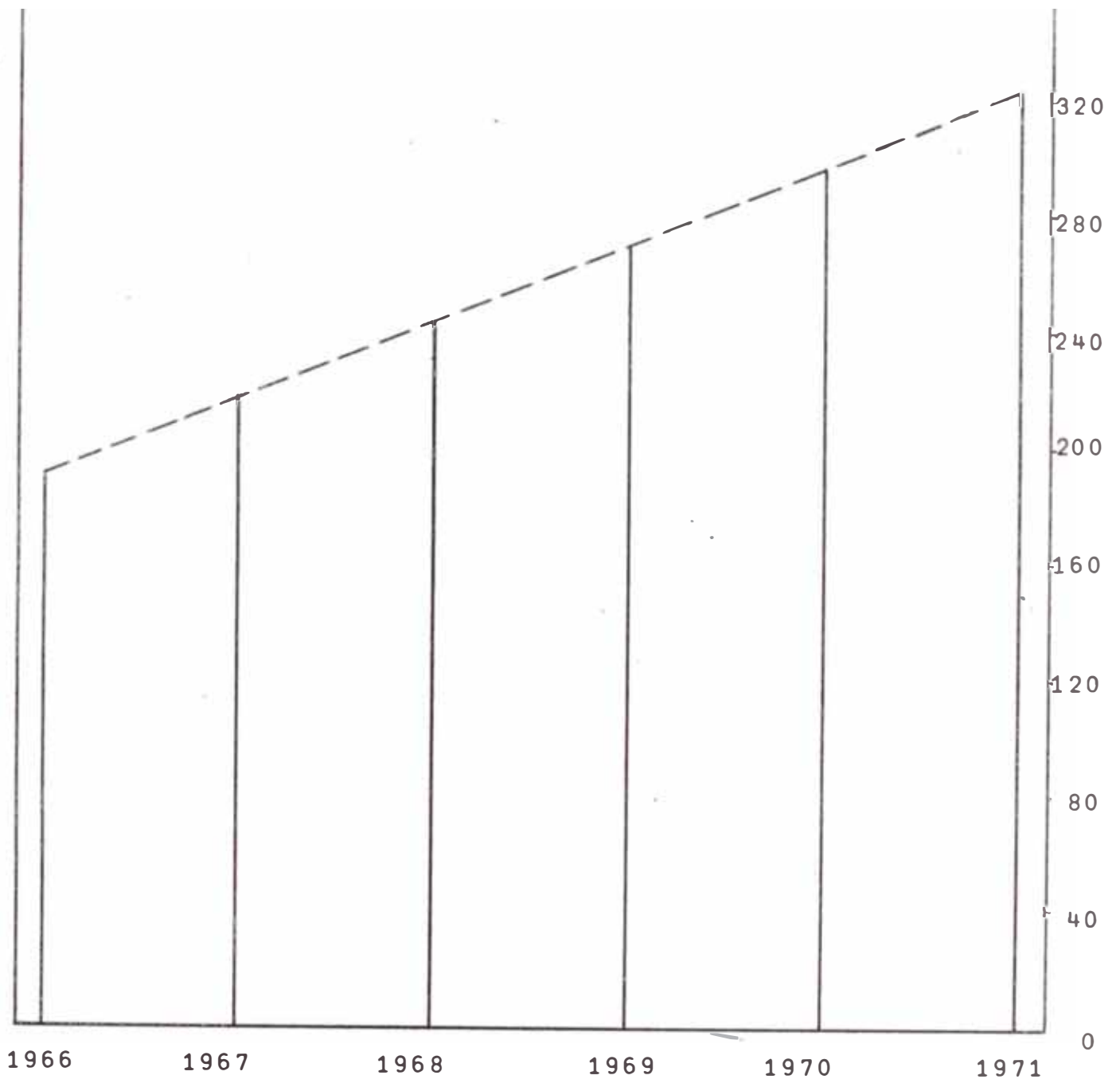


FIGURA 3.4

PRONOSTICO DEL CONSUMO REAL

Los depósitos de materias primas tienen una capacidad de 2,000 toneladas. (abastecen todas las secciones) El departamento de molinos cuenta con toda la maquinaria necesaria.

Se estima que la planta de sanitarios trabaja a capacidad máxima, no así las otras. Planea la mecanización de sus departamentos para así aumentar la cantidad y mejorar la calidad de sus productos.

### 3.5 LA VIVIENDA Y LA DEMANDA DE SANITARIOS EN EL PERU.-

3.5.1 Viviendas existentes necesidades sanitarias.- Según el censo de 1961, existían entonces en el país tan sólo 285,000 viviendas con instalaciones sanitarias, sobre un total de 1'972,000 viviendas. Del total de viviendas, eran 935,000 urbanas, de las que 308,000 se encontraban en Lima y Callao.

En cuanto a las instalaciones de agua, de un total de 421,000 viviendas que las poseían, 165,000 estaban en provincias y 256,000 en la zona de Lima-Callao.

Podemos deducir que existían 136,000 viviendas con instalaciones de agua pero sin sanitarios, las que posiblemente constituían un mercado potencial dentro del ramo.

En la actualidad es posible que cuenten con un botadero o simplemente con un caño, y que no tengan instalación de desagüe. A razón de dos artefactos por vivienda, y lavatorio, tendríamos un déficit existente de 272,000 piezas.

El censo de 1961 nos da, asimismo, información referente a la existencia de servicios sanitarios en unidades de vivienda, como aparece en el cuadro 2.5.

CUADRO 3.5

#### Servicios sanitarios en las unidades de vivienda año 1961

<u>Tipo</u>	Lima-Callao	Provincias	Total
Inodoro	181,000	104,000	285,000
Letrina	21,600	111,400	133,000
Botadero	64,000	25,200	89,400
Corral	3,700	365,500	369,200

Si las necesidades de vivienda son grandes, mayores aún lo son las de servicios sanitarios.

3.5.2 Nuevas Viviendas Reposiciones: Según la CEPAL, el déficit habitacional actual del Perú es del orden de las 370,000 viviendas urbanas y 450,000 rurales.

Según el BID, sin tener en cuenta dicho déficit existente, se estima necesaria la construcción anual de 46,300 viviendas urbanas y 22,500 rurales simplemente para satisfacer el crecimiento poblacional y la reposición de viviendas. En la práctica, se estima un ritmo de construcción de 10,000 a 15,000 viviendas por año.

La falta de suficiente crédito internacional frena el desarrollo de los planes de la Junta Nacional de la Vivienda (JNV).

Considerando los programas de vivienda pública y privada, se estima que no se podrá pasar de 25,000 viviendas anuales durante los próximos cinco años. Esto generaría una demanda máxima de 75,000 a 100,000 piezas de artefactos sanitarios.

Los artefactos instalados hasta 1961 no pasaban de 800,000, y en los últimos cinco años se han instalado sobre éstos 700,000 más, con los que se llegaría al millón y medio de piezas. Una reposición del 3% anual equivaldría a 45,000 piezas, y quizá resultaría alta en la actualidad, si se considera la corta edad de la mayor parte de los sanitarios instalados.

Nos quedaría un saldo de 25,000 a 50,000 piezas anuales para llegar al estimado de 170,000 piezas como demanda actual. Esta cantidad correspondería a la instalación de servicios sanitarios en viviendas que anteriormente no los poseían y en construcciones comerciales e industriales.

En los cuadros a continuación mostraremos la producción nacional de los años de 1960 a 1962, clasificada por tipos de artefacto.

CUADRO 3.6

## Producción Nacional de Sanitarios año 1960

Artículos				Total	Costo
Lavabos	3,871	14,254	3,205	21,330	58.54
Inodoros	2,791	11,376	2,850	17,017	70.62
Bidets	63	561	251	865	96.54
Urinarios	27	240	61	328	56.28
Tanques	2,996	9,109	2,990	15,104	92.24
Pedestales	774	1,985	385	3,134	56.15

CUADRO 3.7

## Producción Nacional de Sanitarios año 1961

Artículos					Total	Costo
Lavabos	4,296	8,668	1,171	2,270	16,405	75.32
Inodoros	5,342	14,642	4,107	5,023	29,114	90.35
Bidets	84	711	113	111	1,019	91.20
Urinarios	70	263	35	34	402	40.47
Tanques	2,988	4,122	1,475	1,305	9,890	112.63
Pedestales	528	743	113	171	1,575	71.25

CUADRO 3.8

## Producción Nacional de Sanitarios año 1962

Artículos					Total	Costo
Lavabos	4,396	16,659	2,215	3,964	27,224	105.04
Inodoros	4,283	20,085	3,740	3,179	31,293	136.64
Bidets	88	1,035	126	124	1,373	131.84
Urinarios	148	620	93	91	942	56.80
Tanques	5,711	10,631	6,460	1,343	24,185	149.65
Pedestales	671	1,485	221	219	2,606	93.33

### 3.6 COMERCIALIZACION DE LOS ARTICULOS SANITARIOS .-

La persona que representa al consumo es casi siempre el constructor, quien busca que el cuarto de baño terminado sea agradable a la vista y lo más económico posible. Si para el constructor prima la variedad de colores y diseños, recurrirá al producto importado. El producto nacional a pesar de no ofrecer ni gran variedad de colores y modelos, sólo puede competir con el importado debido a la fuerte protección arancelaria.

En los cuadros 3.9, 3.10 y 3.11 pueden verse los precios para pedido directo. Se nota en los artefactos blancos que no existe gran diferencia de precios entre el producto nacional y el importado. En general, el producto americano es el más caro, en un rango intermedio están los europeos, y los más baratos son los japoneses, colombianos y mexicanos, aunque los importadores tienen tendencia a nivelar los precios para el consumidor.

CUADRO 3.9

#### Precios de sanitarios importados de color .-

Baño completo : (4 piezas: lavatorio, tina, inodoro y bidet de color)

Americano                   \$ 10,000 a 16,000

Japonés                     \$ 10,000 a 13,000

Medio baño : (2 piezas: lavatorio e inodoro de color)

Americano                   \$ 3,500 a 4,000

Japonés                     \$ 3,600

Mexicano                    \$ 3,300

Colombiano                  \$ 2,800



CUADRO 3.10

Precios de Sanitarios Importados Blancos

País	Lavatorio de llave (\$)	Inodoro (\$)	Bidet (\$)
Alemán	600	1,370	----
Colombiano	500	1,320	1,200
Japonés	600	1,450	1,400
Noruego	450	1,500	----
Sueco	480	1,500	----

CUADRO 3.11

## Precios de Sanitarios Nacionales Blancos

<u>Artefacto</u>	Venta al Público (\$)		Venta al Comerciante (\$)	
	1º			
Taza tanque bajo	525.00	473.00	420.00	378.40
Tanque bajo	525.00	473.00	420.00	378.00
Taza tanque alto	410.00	369.00	328.00	295.20
Tanque alto	315.00	315.00	252.00	252.00
Lavatorio 23"por 17"- dos llaves	355.00	320.00	284.00	256.00
Lavatorio 16"por 20"- una llave	294.00	265.00	235.00	212.00
Bidet	636.00	572.00	508.80	457.60

El centro de consumo se encuentra en Lima y, en menor cuantía, en las dos o tres ciudades que están teniendo más crecimiento. Teniendo en cuenta que para el período de 1966-1967 se ha programado la construcción de 22,000 viviendas en todo el país, de las cuales a Lima le corresponden 12,000, no hay duda de que un 55 a 60 por ciento del mercado se encuentra aquí y el resto en todo el país pero concentrado en Arequipa, Cuzco, Chiclayo, Piura, Trujillo y Huancayo.

Los canales de distribución de los sanitarios, están formados por:

a.) Importadores; son las firmas económicamente más poderosas y que toman a su cargo la financiación. Generalmente importan además otros materiales de construcción (excepto los básicos de gran volumen y de producción nacional casi auto-suficiente: cemento, fierro, ladrillos, etc.). Los principales importadores son: Casa Wiese S.A., CIENSA, COSMANA, Pflucker Hnos. S.A., Alberto Labrouse S.A., Luis Guillermo Ostolaza S.A., Sears Roebuck del Perú S.A., G.W. Yichang & Co. S.A. y otros.

Para pedidos importantes, los constructores o contratistas hacen pedidos directos por intermedio de un importador, cuya comisión es generalmente del 4 al 5% sobre el valor de la compra.

b.) Distribuidores; coinciden en casi todos los casos con los importadores. Algunos como COSMANA, CIENSA, Casa Wiese S.A., N y P. Casinelli S.A., etc., son a la vez importadores y distribuidores de los sanitarios nacionales que produce Cerámica del Pacífico S.A. (único productor). Sea en uno u otro caso, los distribuidores venden el producto a los constructores contratistas, minoristas (ferreterías, casas especializadas), etc.

Los países que exportan sanitarios al Perú se muestran a continuación, en el cuadro 3 12, con la indicación de su importancia relativa según datos de 1965.

CUADRO 3.12

Países Exportadores de Sanitarios (1965)

<u>Países</u>	<u>Porcentaje (en valor)</u>
Alemania Occidental	7.5
Brasil	0.6
Canadá	1.7
Checoslovaquia	20.6
Colombia	6.9
España	0.6
Estados Unidos	26.6
Finlandia	7.6
Francia	0.3
Italia	1.2
Japón	13.2 (continúa)

(Cuadro 3.12 continuación)

Mexico	6.4
Noruega	0.5
Países Bajos	3.1
Reino Unido	1.4
Suecia	1.8

100.0

Los sanitarios importados pagaban, hasta principios de este año, 5.00 soles por kilogramo bruto, de derecho específico, más un 30% adicional "ad-valorem" que se computa normalmente sobre un valor arbitrario igual al de la factura FOB más un 20%; pero mediante resolución suprema del 7 de Enero de 1967, se autorizó la protección arancelaria para la manufactura de sanitarios. Según dicha resolución, se sube el derecho específico a 30.0 soles por kilogramo bruto y a 40% el derecho específico adicional "ad-valorem". Así por ejemplo, un embarque de 1000 Kg. brutos de peso y 10,000 soles de valor FOB de factura, debe pagar:

Valor FOB		10,000
20 % FOB	2,000	
Valor "ad-valorem"	12,000	
Derecho específico Adicional (40 %)	$12,000 \times 0.4 =$	4,800
Valor por peso (30 S/. por Kg. bruto)	$1,000 \times 30 =$	<u>30,000</u>
TOTAL		S/. 44,800

Sin contar gastos de despacho, comisión al importador, etc., lo que en total prácticamente llega a quintuplicar el valor FOB.

Además, mediante esta resolución, se obliga a doblar la liquidación aduanera considerando la grifería por separado

### 3.7 CONCLUSIONES .-

Existe oportunidad de desarrollo para la industria nacional en la producción de artefactos sanitarios.

- La demanda anual se estima en más de 170,000 piezas, lo que representa un volumen de más de cincuenta millones de soles.
- El crecimiento de la demanda supera al 11% anual. (La industria nacional, que dejó de producir sanitarios durante más de dos años, comenzó a producirlos nuevamente a mediados de 1965).
- La protección arancelaria permite competir favorablemente con los productos importados y desplazarlos, en especial si consideramos las últimas disposiciones que obligan a desdoblar la liquidación aduanera considerando la grifería por separado, y los últimos aumentos en aranceles de aduana.
- Al instalar una línea de fabricación de sanitarios será conveniente atacar, al mismo tiempo, la fabricación de la grifería adecuada para los artefactos en cuestión.
- Se deberá producir artefactos de la mejor calidad posible en colores y en blanco.
- Se recomendaría inicialmente limitar la producción anual a 60,000 piezas, con capacidad para ser ampliada al doble.
- Debe analizarse la conveniencia de contar con yacimientos en concesión o propiedad.

## CAPITULO IV

### M A T E R I A S P R I M A S

#### 4.1 GENERALIDADES .-

Como ya hemos visto, la constitución del sanitario es una mezcla íntima de diferentes materias, las cuales, una vez cocidas a una temperatura adecuada, nos dan un producto vitrificado. Las diferentes materias componentes del sanitario no se encuentran en la naturaleza en condiciones tales, que por sí solas, puedan constituir una pasta para el sanitario. Es por este motivo por el que es necesario constituir una mezcla en las proporciones convenientes.

El estudio de las diferentes materias primas lo haremos sobre aquellas propiedades que interesen a la industria de los sanitarios, basándonos en la siguiente clasificación para mayor comodidad:

- Materias Plásticas ..... Caolines y Arcillas.
- Materias Desgrasantes ..... Cuarzo (refractario), arenas feldespáticas (no refractarios).
- Materias Fundentes ..... Pegmatitas y feldespatos, Carbonato de calcio.

Todas estas materias primas se hallan abundantemente distribuidas en la corteza terrestre y puede deducirse su abundancia partiendo de que sus elementos constitutivos representan casi el 99 % del total de los cuerpos que constituyen las rocas ígneas que a su vez, son las que dieron origen a todas las demás que en la actualidad forman la corteza terrestre.

Sí bien es cierto que las materias primas para la cerámica son muy abundantes en toda la tierra, constituyen también un tipo de los materiales de mayor variación en su composición, a tal extremo que materias arcillosas de un mismo yacimiento varían muchas veces entre un lote y otro en ciertas propiedades como resultado de la alteración en su composición.

No son demasiado numerosos los lugares en donde se encuentran en forma ventajosa para su utilización casi inmediata sino que, en la mayoría de los casos, se encuentran de modo que se hace necesario efectuar tratamientos especiales antes de su utilización.

Nuestro suelo es uno de los que posee en mayor abundancia estos materiales cerámicos, y son numerosos los lugares en los que se encuentran de calidad muy apreciables, tal como se indica más adelante.

#### 4.2 EL CAOLIN .-

Esta denominación corresponde actualmente a un determinado grupo de arcillas compuesto principalmente por el mineral "caolinita" ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) y caracterizado por producir por cocción, productos blancos y por su refractariedad determinada (conos seger 34 y 35).

La caolinita y las arcillas componentes del caolín, deben guardar ciertas propiedades compatibles con la producción cerámica, tales como:

- 1.- Comportamiento a la cocción: Contracción, vitrificación y tendencia a la deformación dentro del horno.
- 2.- Comportamiento al secado: Contracción por secado, tendencia a la deformación o al rajado durante el secado.
- 3.- Propiedades mecánicas de trabajo: Plasticidad, resistencia en seco, intensidad de desgaste por abrasión

en las herramientas de trabajo.

4.- Propiedades de la post-cocción: Color, absorción porcentual, aptitud para la decoración, dureza, refractariedad.

El hecho de que el caolín siempre se encuentre acompañado de infinidad de materias extrañas o impurezas se debe a que su proceso de formación se realizó en condiciones sumamente complejas y con el concurso de infinidad de agentes, no habiéndose llegado aún a un completo acuerdo y existiendo al respecto varias teorías e hipótesis que tratan de explicar los fenómenos reales de su formación; así, Bierdeman sostiene que se originó a partir de los feldespatos siguiendo el mecanismo que se da a continuación:

La ortosa o silicato aluminico potásico,  $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ , se hidrata y descompone por acción del agua:



El silicato potásico formado pierde anhídrido silícico y da origen al metasilicato potásico mediante la reacción siguiente:



El metasilicato puede unirse con nueva cantidad de anhídrido silícico para que todo este complejo sea lixiviado, quedando como producto final insoluble el hidro silicato aluminico de aspecto blanco terroso; esto, considerando el proceso teórico aislado, ya que las condiciones reales que se realizaron a través de las edades geológicas, serían diferentes, acompañadas por otras reacciones, y con el concurso de un sinnúmero de agentes físicos, químicos, y también mecánicos, desde que no figuran en la constitución primitiva de la corteza terrestre.

Pese a la pureza relativa de los caolines con respecto a las materias arcillosas propiamente dichas, casi siempre necesitan un tratamiento previo antes de emplearlos, el que estará de acuerdo con la limpieza y calidad del caolín a tratarse. Así tenemos que en los Estados Unidos de Norte América se cuenta con plantas que especialmente se dedican al tratamiento de materiales caolínicos, que son sometidos a una serie de operaciones tales como lavado, agragado de electrolitos, centrifugado, filtrado, secado, calcinación a bajas temperaturas, molienda, separación elec-

tromagnética del hierro cuando está al estado de magnetita obteniéndose al final, un producto de incomparable calidad gracias a estos tratamientos avanzados, lo que ha significado que este país disponga de las materias primas que anteriormente importaba.

En la naturaleza se presentan infinidad de clases de caolines que van desde los más compactos y duros, que necesitan quebrantarlos, triturarlos y molerlos, hasta aquellos que sólo necesitan una ligera levigación para utilizarlos; esto en cuanto a su aspecto físico de agregación. Desde el punto de vista de su composición varían también muchísimo: son silícicos, feldespáticos, alcalinos, ferruginosos, silícico-feldespáticos y calcareos. Bajo el aspecto de la plasticidad, los hay desde los completamente magros hasta los bastante plásticos, aún cuando siempre son menos plásticos que las arcillas.

4.2.1 Acción del calor sobre el Caolín : Un hecho muy importante constituye la acción del calor sobre el caolín, desde las más altas hasta las más bajas temperaturas; y es así como, después de efectuarse numerosos estudios empleando diferentes procedimientos físicos y químicos, y después de haber existido diferencias en los resultados probablemente debidas a la falta de uniformidad en los procedimientos o deficiencias en los medios de operación, puede afirmarse que los fenómenos que se realizan en este proceso son los siguientes:

Fenómenos Físicos.- Que comprenden:

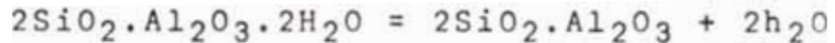
- 1.- Eliminación del agua de Plasticidad de Trabajo.- Esta eliminación de agua se realiza lentamente a la temperatura ambiente y muy rápidamente con ayuda del aire seco y caliente, en cámaras especiales de secado.
- 2.- Eliminación del Agua Higroscópica.- Se efectúa con la ayuda de una cantidad apreciable de calor hasta los alrededores de los 130°C, desprendiéndose en forma de vapor-

Hasta esta parte no ha existido ninguna contradicción en cuanto a la explicación de estos fenómenos, por ser sencillos y de fácil interpretación ya que se desarrollan a bajas temperaturas.



Fenómenos Químicos.- Que comprenden:

- 1.- Descomposición del caolín o Caolinita.-  
En la que se realiza la eliminación del agua de combinación; el caolín se descompone perdiendo sus dos moléculas de agua:



Esta reacción es endotérmica e irreversible; el material anhidro ya no se recupera en cuanto a su plasticidad por acción del agua. Con respecto a esta reacción existe cierta diferencia en cuanto a las temperaturas de su realización, pues normalmente se realiza más o menos a los 530°C, pero también se han hallado caolines que se deshidratan aún a los 700°C de temperatura; es posible que éstos se traten de caolines de particular composición y que el agua de combinación en ellos, no esté situada igualmente en el edificio molecular.

En lo que se refiere al estado de la parte anhidra, el silicato aluminico  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , al incrementarse la temperatura no se ha llegado a un acuerdo definitivo, pero sí se ha constatado una inestabilidad más o menos compleja.

- 2.- Pasaje de la Alúmina Libre Amorfa al Estado Cristalino.- Más o menos a los 900 grados centígrados, la  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que se encuentra libre y amorfa, pasa al estado cristalino acompañada de un bien marcado efecto exotérmico.
- 3.- Formación de la Mullita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ).- En general, después de no muchas contradicciones, se ha establecido que el cuerpo que aparece alrededor de los 1000°C es la mullita, que se forma a partir de la alúmina y sílice libres provocando un pequeño efecto exotérmico.
- 4.- Transformación de la Sílice en Cristobalita.- Al formarse la mullita, por ca-

da molécula de ésta, quedan al estado libre 4 moléculas de  $\text{SiO}_2$  y, cuando la temperatura llega más o menos a  $1400^\circ\text{C}$ , se nota una dilatación que sería debida a la transformación de esta sílice libre en cristobalita.

El conocimiento de estos fenómenos tiene capital importancia, pues el dominio de la formación de los cuerpos durante estas reacciones, da un conocimiento aproximado de las cualidades que poseerán los productos que llevan los materiales caolínicos; así se tiene que el porcentaje de mullita formada en un producto cerámico es un índice de las mejores propiedades que se persiguen en ellos. La curva del calentamiento del caolín se muestra en la figura N° 4.1.

#### 4.3 LA SILICE .-

Es otro de los componentes fundamentales, el constituyente de todas las pastas cerámicas, por lo que también se denomina a la industria cerámica como la industria de los silicatos.

La sílice o anhídrido silícico  $\text{SiO}_2$ , es el compuesto de silicio más abundante e importante que se conoce, constituyendo una gran parte de nuestra corteza terrestre y formando una gran variedad de compuestos.

Para su mejor estudio puede dividirse en dos grandes grupos: a) Sílice Anhidra, cuando el agua no está fijada al estado de combinación en su molécula; b) Sílice Hidratada, cuando en su molécula posee cierta proporción de agua al estado de combinación.

a) Anhidras .- Entre éstas existen modificaciones que, a su vez pueden clasificarse en las siguientes:

1.- Anhidrido Silícico Cristalizado.- Tienen un peso específico alto, y la modificación más pura se denomina Cristal de Roca; pero la variedad más importante de este grupo es el Cuarzo, cuyo peso específico es 2.65. El cuarzo se halla formando prismas exagonales que terminan en pirámides exagonales; a veces se hallan coloreados, como el topacio, amatista, etc.; otras veces, diminutos cristales se agrupan creciendo en masa para dar



lugar a la cuarcita, que se presenta en forma de roca.

La Calcedonia está constituida por pequeños cristales de peso específico 2.56, muy a menudo formando masas opacas de fractura concoide. También pertenecen a este grupo, el pedernal, la piedra de molino y el ágata.

2.- Anhidrido Silícico Criatalizado de Bajo Peso Específico.- Pertenecen a este grupo: la Trídimita, de peso específico 2.38, y la Cristobalita, que es un producto de transformación obtenido por acción del calor sobre el cuarzo.

3.- Sílice Amorfa.- Se conocen dos modificaciones: la Vítrea, que se obtiene fundiendo una variedad cualquiera y el anhidrido silícico calcinado, polvo bastante ligero que se obtiene deshidratando el ácido silícico hidratado.

b) Hidratadas .- Estas variedades, como por ejemplo el ácido silícico, se diferencian de los demás ácidos por formar compuestos hidratados en los que la cantidad de agua depende de una serie de circunstancias no establecidas con precisión, tales como la humedad del aire y la temperatura; además los hidratos no se encuentran cristalizados, sino formando masas gelatinosas o brumosas que no acusan ningún efecto sobre la luz polarizada, como ocurre, por ejemplo, con el cristal de roca. La sílice hidratada forma soluciones coloidales.

En la naturaleza existen variedades diversas de sílice hidratada, como el ópalo, geycenita, la sílice flotante y la tierra de infusorios o Kriselgur, formada por caparazones silícicas de diatomeas.

De todas las formas alotrópicas estudiadas, el cuarzo constituye la variedad más importante, por cuanto que es la que se utiliza en la cerámica. El cuarzo sólo comienza a reblandecerse a los 1400°C y se funde a los 1700°C, siendo su calor de fusión de 3200 cal/mol-gr.

4.3.1 Acción del calor sobre el cuarzo.- Las modificaciones estables que sufre el cuarzo frente a la acción de la temperatura, son las siguientes:

CUADRO 4.1

Formas Estables		Intervalo de Temperat.	
Cuarzo Alfa	.....	T. Amb.	a 573°C
Cuarzo Beta	.....	573°C	a 870°C
Tridimita	.....	870°C	a 1470°C
Cristobalita	.....	1470°C	a 1713°C
Sílice Vítreo	.....	1713°C	a mayores

Lo importante es que, partiendo del cuarzo y sometiéndolo a la acción progresiva del calor, se obtiene o se pasa por esta serie de variedades, como se muestra en la figura N° 4.2

El grado de inversión de la sílice a sus diferentes formas alotrópicas, depende sólo de la duración de la cocción y la temperatura de la misma, y puede ser determinado directamente por la medición del peso específico de los productos a las diferentes temperaturas y tiempos, pues el peso específico del cuarzo es 2.65, mientras que el de la Cristobalita es 2.28 y el de la tridimita 2.31. Una consecuencia que se manifiesta inmediatamente después de disminuir el peso específico es que la tridimita y la cristobalita, en su masa, están empaquetadas más sueltamente, por lo que los espacios intermoleculares son mayores que los del cuarzo alfa y beta, encontrándose en estos últimos agregados más fuertemente y formando una estructura bastante sólida sin espacios considerables, motivos por los que los índices de refracción de la tridimita y cristobalita son semejantes, pero difieren de los del cuarzo distinguiéndose también que las formas de alta temperatura tienen una simetría mayor que las de baja temperatura.

La inversión del cuarzo alfa en cuarzo beta que se realiza a los 573°C es generalmente muy rápida, no sucediendo así con las otras transformaciones que son bastante lentas en ambos sentidos; la lentitud de estas reacciones es causa de que tanto la tridimita como la cristobalita puedan ser enfriadas hasta la temperatura ambiente y, en este estado, permanecer indefinidamente sin regresar al estado

TIEMPO EN HORAS

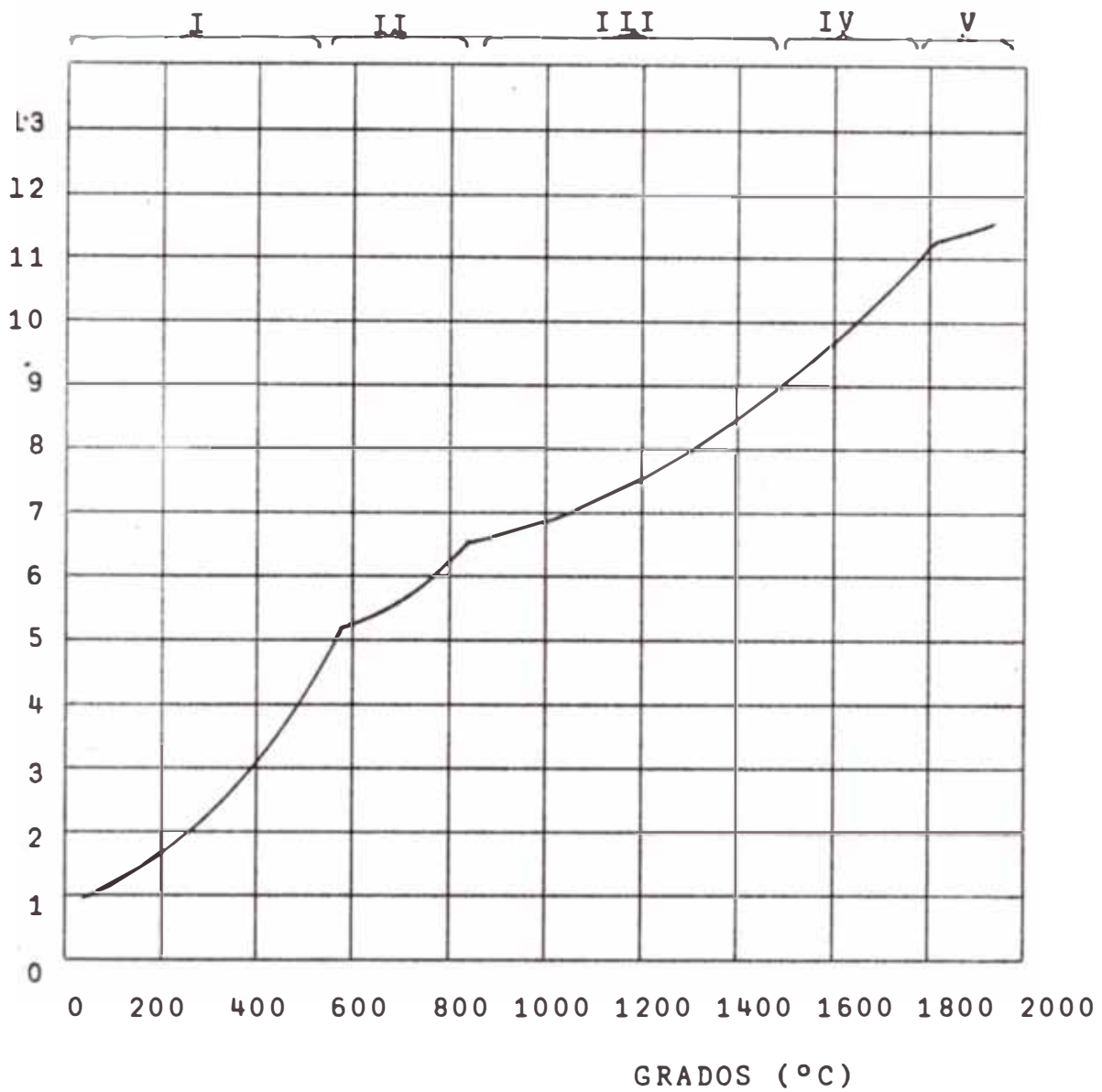


FIGURA 4.2 : ACCION DEL CALOR SOBRE EL CUARZO

- I) Cuarzo Alfa.
- II) Cuarzo Beta.
- III) Tridimita.
- IV) Cristobalita.
- V) Sílice vítrea.

de cuarzo alfa, pese a que se considera este estado como el normal a la temperatura ambiente.

Norton demostró que es imposible formar cuarzo a partir de la tridimita o cristobalita mediante reacciones puramente térmicas, evidenciándose pues aún más este hecho.

Un fenómeno de capital importancia se realiza como resultado de la gran lentitud de las reacciones: se hace posible el sobreenfriamiento de la masa fundida cuando se llega a este estado, formándose entonces un vidrio, que no es sino un líquido sobre-enfriado sin estructura cristalina. Esta importante propiedad que da lugar a la formación vítrea es atributo de muy pocos óxidos y de ellos, sólo el  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{B}_2\text{O}_3$  son de utilización comercial, porque el empleo de los otros sería antieconómico.

La sílice comunica sus propiedades de formación de vidrio a las distintas mezclas en donde interviene, variando el grado de vitrificación de acuerdo a la proporción en que se halla. Todas las pastas blancas cuando están adecuadamente cocidas llevan algo de vidrio, el cual aglomera entre sí los granos de los materiales más refractarios a manera de una solución homogénea. Para acelerar este fenómeno se usan ciertos compuestos denominados mineralizadores, entre los que tenemos la cal, óxido de boro, cloruro de sodio y otros; también se han precisado como tales a los fluoruros, bióxido de titanio, tricloruro férrico y óxido sódico.

Entre las transformaciones que sufre la sílice, las correspondientes a la variación de baja temperatura a alta temperatura son rápidas y reversibles en ambos sentidos, y son acompañadas por ligeras variaciones en el volumen. Estas alteraciones se llevan a efecto en muchas pastas cerámicas, estando su magnitud en proporción a la cantidad de sílice libre presente, por lo que las pastas muy silícicas deberán tratarse más cuidadosamente en el proceso de cocción para evitar fracturas o roturas como consecuencia del choque térmico.

Es interesante anotar el hecho de que las arcillas que contienen sílice libre bajo la forma de cristobalita alfa en lugar de cuarzo, suministran piezas cerámicas cuya resistencia al choque térmico ha sido incrementada grandemente; asimismo, las porcelanas fabricadas con arcillas que contengan cristobalita alfa resultan con una mayor transparencia.



La existencia de cristobalita alfa al estado natural es de suma importancia, habiendo sido puesta en evidencia gracias a numerosas investigaciones con rayos X. Se ha experimentado que la cristobalita alfa natural, calentada a 1000°C sin fundentes y enfriada, se mantiene al estado de cristobalita alfa; de igual modo, ningún cambio se observa a los 230°C; por el contrario, sí se le somete a la acción del calor a 1400°C con fundentes, en el enfriamiento a los 1000°C y 230°C se transforma en las variedades bajas respectivas.

#### 4.4 EL FELDESPATO .-

La denominación genérica de feldespato, corresponde a un grupo de minerales compuestos por silicatos álcali-alumínicos, teniendo los principales, nombres propios muy conocidos como el microlino, ortosa y albita: las dos primeras variedades indican el silicato alumínico-potásico, cuya fórmula química teórica es:  $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ . La última, o sea la albita, corresponde al silicato alumínico-sódico:  $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ .

Teóricamente, el feldespato potásico contiene 16.9% de  $\text{K}_2\text{O}$ , sin soda, y el feldespato sódico contiene 11.9% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , sin potasa. En la naturaleza éstos no se encuentran solos o separados, sino asociados en la proporción de más o menos 9% de  $\text{K}_2\text{O}$  y 3% de  $\text{Na}_2\text{O}$  y más todavía, casi siempre con algo de óxido de hierro, trazas de Mg. y muchas veces pequeñas cantidades de  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$  denominada anortita o silicato alumínico-cálcico.

Usualmente, la ortosa se halla en mayor proporción que la albita y, cuando la primera se encuentra relativamente sola, se presenta cristalizada con un aspecto lechoso y a veces coloreada en rosa claro o en blanco amarillento formando láminas que se funden difícilmente, fusión que se produce a los 1200°C; en cambio la albita se funde a más bajas temperaturas.

Tanto la ortosa como la albita se comportan igualmente frente a los ácidos ordinarios: son inatacables por ellos. Los fluoruros, y el ácido fluorhídrico se comportan, al contacto con este mineral, de la misma manera que con los demás silicatos. El feldespato calcareo o anortita, a diferencia de los anteriores, es atacado por los ácidos ordinarios y funde al soplete en un vidrio muy poroso.



El feldespatos en general es utilizado en la cerámica como fundente. Es el componente, en las partes que lo contienen, que primero experimenta alteraciones cuando se eleva la temperatura. Su punto de fusión real depende de la proporción de soda o potasa, o de ambas, que contenga; así, algunos feldespatos con alto contenido sódico funden ya al cono 4, mientras que los cálcicos todavía al cono 10.

Durante el calentamiento de una pasta que contiene feldespatos, a medida que se eleva la temperatura, éste se hace activo gradualmente, comienza disolviendo los minerales arcillosos y termina con el ataque a las partículas más grandes de sílice.

La utilización del feldespatos sódico puro sería conveniente desde el punto de vista de la menor temperatura de cocido, pero tiene el inconveniente de aumentar la deformación de las piezas, por lo que es preferible utilizar siempre la mezcla de ambos, siendo bajo esta forma como se encuentra en la naturaleza y también en el comercio. Esta mezcla actúa en las pastas como si lo hiciera únicamente el feldespatos potásico y con una viscosidad suficiente como para evitar deformaciones.

En las pastas crudas, su efecto es el de un desgrasante antiplástico, reduciendo entonces la contracción por secado y elevando ligeramente su resistencia. Cuando se sigue el proceso de colada, la pequeña solubilidad de los álcalis en el feldespatos dificulta en algo la facilidad del trabajo, por lo que su empleo se verá, en cierto grado, supeditado a la clase de proceso a emplearse o a una corrección del pH de la barbotina.

En el cuadro siguiente se muestran los porcentajes aproximados usados en los diferentes tipos de pastas cerámicas:

CUADRO 4.2

<u>Tipo de producción</u>	<u>% de Feldespatos</u>
Material Sanitario .....	25 -- 35
Porcelana de Hotel .....	15 -- 35
Porcelana Química .....	15 -- 30

(continúa)

Porcelana Eléctrica .....	30 -- 45
Porcelana Semivítrea .....	15 -- 30
Azulejos, Baldosas .....	10 -- 55

Puede observarse que el porcentaje máximo de feldespato para las pastas cuyo método de trabajo no exige mucha plasticidad, es mayor que en las que es necesaria esta condición; así por ejemplo, la fabricación de azulejos y baldosas emplea el método de prensado y no requiere mayor plasticidad, por lo que su contenido en feldespato llega al máximo de 55%; por el contrario, en las porcelanas semivítreas y químicas que comunmente se confeccionan por colada o por torneado, su máximo sólo llega al 30%, notándose una diferencia del 25% con respecto a la anterior.

En general, el feldespato aumenta el coeficiente de expansión térmica, suministra una mayor resistencia con mínima absorción y, debido a la introducción de alúmina contenida en él, aumenta en cierto modo la dureza después de la cocción.

Es muy frecuente en la industria emplear el mineral conocido con el nombre de "pegmatita", el cual está constituido en su mayor parte por feldespato y sílice; el uso de la pegmatita sustituye, algunas veces, el empleo de la sílice.

#### 4.5 OTRAS MATERIAS PRIMAS .-

Aparte de las tres materias primas fundamentales, el caolín, la sílice y el feldespato, se utilizan otras que son necesarias para conseguir ciertas cualidades en la pasta o en la barbotina, como mayor plasticidad en las pastas de trabajo o mayor fluidez si se trata de una barbotina; en este último caso, si la barbotina no tiene cierta cantidad de arcillas plásticas, lo primero que se observa en las piezas coladas al secarse son unas rajaduras, tanto más numerosas y acentuadas cuanto menos plástica tienen. Igualmente, si se desea alterar la temperatura de cocción de la pasta, puede utilizarse, aparte del feldespato, el  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en pequeñas proporciones.

4.5.1 Arcillas Grasas .- Son materiales arcillosos refractarios cuyo carácter principal es el de poseer una plasticidad en grado elevado. En la naturaleza se presentan en diferentes estados y coloraciones debido a que contienen diferentes materias orgánicas que, después de quemadas, deben dar un color blanco cremoso o blanco cuando se les utiliza en cerámica fina.

Su composición es semejante a la de los caolines, pero casi siempre con un mayor número de impurezas como titanio, hierro, cal, álcalis y una notable cantidad de materia orgánica que, indudablemente, afectarán las cualidades de la pasta ya cocida.

Su inclusión en la composición de pastas se hace fundamentalmente por dos razones: primero, para facilitar y mejorar el trabajo cuando en el proceso es imprescindible contar con una plasticidad adecuada para el torneado o con la fluidez y escurrimiento en la barbotina para el colado y, segundo, para incrementar la resistencia de las piezas elaboradas, crudas y aún ya cocidas. Estas condiciones son de capital importancia en las operaciones comerciales.

La facilidad del trabajo es primordial en la industria actual, en razón de que las técnicas modernas exigen pastas suaves y adecuadas para que puedan ser coladas sin que se produzcan roturas en las piezas; por otro lado, la resistencia tiene su importancia debido a que las pérdidas por roturas de las piezas crudas dependen directamente del módulo de ruptura de las mismas y entonces, al aumentar este módulo de ruptura, se reduce el número de piezas rotas y por consiguiente se obtiene una mayor eficiencia de la planta

Es curioso e interesante notar el hecho de que las pastas que contienen estas arcillas, luego de ser sometidas a un envejecimiento prolongado, aumentan su resistencia a la tracción casi en un 100%.

Las arcillas grasas contribuyen indirectamente a la vitrificación de las pastas, haciendo que las partículas de los fundentes se distribuyan más fina y uniformemente a través de toda la masa.

A todas las ventajas que suministra el empleo de estos materiales también acompañan efectos que influyen desfavorablemente y producen acciones deletéreas sobre la pasta ya cocida, desplazando siempre la coloración a un blan-

co amarillento. Esto se debe a que el hierro y el titanio que se encuentran en apreciables proporciones en ellos, lo cual limita su uso hasta cierto grado supeditado principalmente a la coloración final que se quiera obtener. De igual modo, debido a su elevada plasticidad tendrán una elevada contracción, ya que necesitan de 35 a 50% de agua para alcanzar su máxima plasticidad, agua que deberá ser expulsada durante el secado originando una fuerte contracción que, felizmente, no ocasiona roturas u otros efectos gracias a la gran resistencia que comunican a la pasta.

La resistencia a la tracción de estas arcillas generalmente fluctúa entre 8.7 y 17.5 Kg/cm<sup>2</sup>, y el módulo de ruptura entre 10.5 y 35.1 Kg/cm<sup>2</sup>.

Por lo que antecede, la inclusión de las arcillas grasas en una pasta cerámica, tiene que sujetarse a las exigencias de facilidad de trabajo como resistencia de las piezas crudas en las diferentes operaciones, antes y después de cocidas. Las proporciones de arcilla grasa que aconseja la práctica normal, en los diferentes tipos de producción, se muestran en el siguiente cuadro:

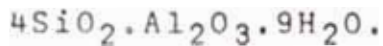
CUADRO 4.3

<u>Tipo de Producción</u>	<u>% de Arcilla Grasa</u>
Material Sanitario Vítreo .....	10 -- 40
Porcelana de Hotel .....	7 -- 15
Azulejos y Baldosas .....	10 -- 28
Porcelana Eléctrica .....	10 -- 35
Pasta Blanca Semivítrea .....	20 -- 45

Estas cantidades pueden variar mucho de acuerdo al tratamiento previo de mayor limpieza, reducción del contenido de agua, regulación del tamaño de las partículas, del pH, control de las impurezas en los diferentes lotes y finalmente, el control del contenido de las sales solubles; es decir, que la proporción puede variar ampliamente con la calidad de la arcilla grasa.

4.5.2 La bentonita .- La bentonita es un material que posee enorme plasticidad, siendo el efecto que produce en las pastas cerámicas muy superior al de cualquier otro material. En muchas pastas el agregado del 2% de bentonita mejora la plasticidad en grado superior al que se lograría con el 10% de la mejor arcilla grasa.

Es un material inorgánico mineral constituido principalmente por montmorillonita, cuya fórmula química es



Su origen se deriva generalmente de las cenizas volcánicas, y su comportamiento coloidal es debido a las partículas extremadamente pequeñas de que está constituida.

Usualmente las bentonitas pueden clasificarse para su mejor apreciación práctica en:

- a) Las que por acción del agua se hinchan de cuatro a cinco veces su tamaño normal.
- b) Las que se hinchan en igual forma que las demás arcillas plásticas.

En cerámica sólo interesa el primer tipo de bentonita. No obstante experimenta contracciones muy elevadas, tanto en el secado como en la cocción y comunican coloración rojiza por su fuerte contenido de hierro; aún así estas bentonitas son muy empleadas en las pastas. Sus porcentajes de uso práctico no deben ser superiores al 3 ó 4% en las pastas en las que interesa el color.

El análisis químico de una bentonita típica comúnmente arroja los siguientes resultados:

CUADRO 4.4

<u>Componente</u>	% en Peso
Sílice .....	64.32
Alúmina .....	20.74
Oxido de Hierro .....	3.49

(continúa)

(continuación)

<u>Componente</u>		% en Peso
Cal	.....	0.46
Magnesio	.....	2.26
Alcalis	.....	2.90
Dióxido de Titanio	.....	0.11
Azufre	.....	0.35
Pérdidas por Ignición	.....	5.15

La inclusión de este material en proporciones regulares se traduce en efectos netamente refractarios de las pastas pues, uno de los caracteres principales que posee es precisamente su refractariedad.

4.5.3 Antiplásticos.- Si en un extremo se sitúan las materias plásticas, en el otro se encuentran los materiales no plásticos o desengrasantes, cuya acción es contraria a la de las primeras; en general, se les puede denominar antiplásticos.

Si bien es cierto que es necesaria la plasticidad de una pasta para facilitar el trabajo, podría constituir un inconveniente cuando es demasiado excesiva, dificultando el secado rápido por ser causa de una contextura muy compacta; su contracción considerable puede dar lugar, muchas veces a deformaciones y roturas, dificultades que harían necesario el control de la plasticidad empleando los desengrasantes que, en proporciones adecuadas, reducen la contracción de la masa; al mismo tiempo, por su dispersión uniforme en la masa, constituyen una especie de armadura, comunicándole porosidad y facilidad para la evaporación del agua a través de los poros o canales originados por la adición de estas materias.

La proporción, calidad y fineza del antiplástico a añadirse, deben estar por completo sujetas a las propiedades que se quieran obtener, tanto en la pieza cruda como en la cocida. La proporción varía de acuerdo a la plasticidad inicial de la arcilla, y debe ser suficiente para proporcionar un secado más rápido y una mínima contracción.

pero ésta no debe pasarse de cierto límite pues la cohesión de la arcilla desaparecería y todo intento de moldeo sería imposible.

La calidad de los desengrasantes ya no influye sobre la naturaleza química de la pasta cruda, pero sí en las piezas ya sometidas a la cocción. Esta influencia es grande por lo que, bajo este punto de vista, pueden dividirse en.

- a) Los que no ejercen acción sobre la fusibilidad de la pasta.
- b) Los que la disminuyen.
- c) Los que la aumentan (fundentes).

Entre los del primer grupo se encuentran los antiplásticos combustibles, tales como materias vegetales, polvo de carbón mineral y coke que durante la cocción se queman dejando una porosidad determinada en la masa de la pieza, porosidad que estará de acuerdo con la cantidad y el tamaño de las partículas; así, los finamente pulverizados dan pastas de porosidad fina que se utilizan en filtros, mientras que, si las partículas son groseras, sólo sirven para la fabricación de productos muy ordinarios o cuando se quiera fabricar, en especial, materiales de construcción muy ligeros.

Los antiplásticos del segundo grupo comprenden una serie de materiales denominados refractarios, que tienen importante utilidad en la fabricación de los materiales refractarios.

Entre los del tercer grupo se hallan varios materiales llamados fundentes, que comprenden una serie de productos de constitución similar al feldespató.

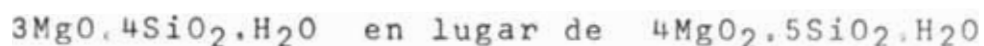
El tamaño de los granos del antiplástico es muy importante, sobre todo cuando se quieren obtener objetos con ciertas propiedades de elasticidad y resistencia al choque o compactos pero menos resistentes.

Entre los antiplásticos más conocidos y principales pueden considerarse los siguientes:

- i) El Talco.- Es un material muy blando, por lo que Mohs lo situó en el primer lugar en su escala de durezas.



Químicamente constituye un silicato de magnesio natural, cuya fórmula generalmente aceptada es:



la que también se le atribuye.

Las impurezas que corrientemente acompañan al talco son el óxido de hierro y la alúmina; el hierro comunica una coloración parduzca a la pasta; puede ser separado cuando se encuentra al estado de magnetita mediante los separadores magnéticos, lo que no puede hacerse con otras impurezas porque generalmente tienen idéntico peso específico y carácter de molienda, lo que prácticamente hace imposible su separación por sedimentación.

La cal constituye otra de las impurezas del talco, denominándose en este caso talco tremolítico si la contiene en apreciables proporciones y constándose que, cuando la cantidad es elevada, disminuye el intervalo del cocido y aún reduce la temperatura de cocción. Se ha observado que el aumento del desgaste de los moldes se hace más notorio cuando se emplea talco tremolítico, sobre todo para piezas prensadas con núcleos pequeños; por otro lado, mejora ostensiblemente la resistencia mecánica de las pastas de esteatita.

También el tamaño de las partículas del talco puede ser un motivo que influye en la utilización del mismo; y así, talcos de idéntica composición química pueden impartir contracciones muy diferentes debido exclusivamente al tamaño de las partículas por lo que, para la uniformidad de los productos, se hace necesario el control del tamaño de aquellas.

El talco es utilizado ampliamente en los diferentes tipos de cerámica, casi siempre en cantidades moderadas, como para las pastas de piezas artísticas, loza de mesa, material sanitario y principalmente en las pastas para la fabricación de materiales eléctricos aislantes que, por las propiedades que comunica a los dieléctricos de alta frecuencia, permiten su uso en cantidades mayores.

En las piezas artísticas la práctica aconseja que, en caso de usarse talco, el porcentaje no sobrepase el 10%; esto no sucede cuando se trata de a-

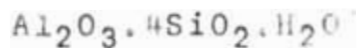


zulejos y baldosas producidas en una sola cocción, en las que el porcentaje máximo alcanza hasta el 40% aun cuando en estas pastas se explotan sus propiedades fundentes debidas al MgO, reduciendo la cantidad de feldespato necesario para lograr una adecuada vitrificación y disminuyendo la expansión de las pastas porosas por efecto de la humedad para suprimir en forma parcial las cuarteaduras tardías de los esmaltes.

El talco tremolítico se utiliza comunmente junto con fundentes alcalinos, arcillas grasas y cuarzo, dando por resultado pastas que son posibles de trabajar a temperaturas que son considerablemente bajas como al cono 6. Esta clase de talco parece ser superior cuando se le emplea en el proceso por colada, en cambio, los del tipo granular son ventajosos en los procedimientos por plasticidad.

Aparte de las impurezas del talco, la reducción del intervalo de temperatura de vitrificación que imparte a las pastas que lo incluyen en su composición constituye una seria desventaja porque, sucediendo este hecho, el control de este período importante tendrá que ser más preciso que en procesos de otras pastas que no lo tengan.

- ii) La Pirofilita .- Es un material constituido principalmente por silicato de alúmina, de fórmula:



es un material blando, frecuentemente confundido con el talco. Por su constitución, tiene cierta similitud con las arcillas del grupo de la caolinita. Una de las formas de este material contiene proporciones apreciables de cerecita,  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , cuyo empleo puede ser ventajosamente aprovechado en las pastas cerámicas como sustituyente total o parcial del feldespato, por tratarse de un material de fácil molienda y suministrar además propiedades favorables, como la reducción del coeficiente de expansión térmica, mejorando notablemente la resistencia a los cambios bruscos de temperatura, alargando el intervalo de cocción y aumentando la resistencia de la pasta cocida, sin modificar la contracción y absorción de las pastas, probablemente como consecuencia de la formación de mullita durante el proceso de cocción

En lo que respecta a la facilidad de trabajo, la pirofilita contribuye a ella en forma indirecta en el procedimiento por prensado, reduciendo los desgastes por abrasión de los moldes y matrices; sin embargo, en los procedimientos por métodos plásticos, disminuye la facilidad casi análogamente al talco, reduciéndose grandemente su empleo.

iii) La Cal.- Es una de las formas minerales más abundantes que existen en la corteza terrestre; se encuentra al estado de carbonatos de calcio  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , en su mayor parte acompañados por diversas impurezas.

Las formas más comunes son los granitos, calcitas, etc. La creta constituye una de las formas de mayor pureza de estos materiales. Se les encuentra también al estado de fluorita  $\text{F}_2\text{Ca}$  y dolomita  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , que pueden ser empleadas.

Aún cuando el óxido de calcio  $\text{CaO}$  es muy refractario, pues funde a  $2560^\circ\text{C}$ , se le utiliza como fundente en las pastas cerámicas debido a los compuestos que forma con la soda y sílice, uno de los cuales funde a  $865^\circ\text{C}$  como consecuencia de un eutéctico, promoviendo la cal una aglutinación vítrea al reaccionar con la arcilla y, formando el cuarzo y el feldespato, dentro del intervalo de los conos 7 y 12 un vidrio cálcico.

Se ha constatado la particularidad de que, cuando la cal es añadida al estado de dolomita en lugar de creta, la seguridad del intervalo de cocción se amplía en uno o dos conos.

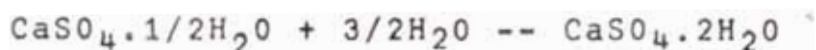
El agregado de cal en pequeñas proporciones que no excedan al 5% de  $\text{CaO}$  en las pastas, aumenta la resistencia, la blancura, la contracción y disminuye la porosidad, cualquiera que sea la forma de cal empleada; claro está, siempre que no contenga impurezas que alteren su acción neta, tales como las sustancias ferruginosas y otras.

#### 4.6 EL YESO .-

Este material no interviene directamente en la constitución de los aparatos sanitarios, sino que sirve para fabricar los moldes usados en la fabricación de los mismos.

El yeso usado debe ser el calcinado, o sea el que responde a la fórmula  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ . Algunas calidades de yeso son preparadas especialmente para moldes, siendo calcinadas a presión y mejorándose de esta manera su resistencia mecánica a la abrasión o desgaste, al tiempo que se obtiene una menor expansión para el molde.

Cuando el yeso es mezclado con agua, fragua al principio, endureciéndose luego en forma de masa dura y compacta. El fraguado del yeso es esencialmente una reacción de hidratación como la representada por la ecuación:



Esta ecuación es la inversa de la deshidratación del yeso. La hidratación con el agua líquida tiene lugar a temperaturas inferiores a  $99^\circ\text{C}$ , pues sobre dicha temperatura comienza la deshidratación.

Es muy recomendable para la fabricación de los sanitarios usar un yeso de alta calidad (Yeso de París), pues la vida media de los moldes es una función de la calidad del yeso usado.

La densidad, la resistencia y la absorción de agua por los moldes de yeso, dependen sólo de la consistencia de la pasta usada es decir, de los kilogramos de agua por cada 100 Kgs. de yeso usados. Estas funciones se representan en la figura 4.3.

La más importante exigencia con relación a los moldes es que sean de superficie perfectamente suave y libre de puntos hundidos; también es de importancia el que sean de larga duración y que verifiquen una máxima absorción de agua. Es precisamente por ello por lo que, en la preparación de la pasta de yeso, se debe utilizar la mayor cantidad de agua posible para así lograr un molde resistente y denso. En muchas plantas la mezcla de yeso y agua se efectúan mecánicamente.

#### 4.7 BARNICES O VIDRIADOS .-

Aparte de las materias primas antes nombradas, es necesario mencionar también a aquellos materiales que van a constituir la capa exterior y visible de las piezas, es decir, los barnices o vidriados. Para comodidad de la exposición, todos estos materiales se encuentran ampliamente descritos en el Capítulo V.

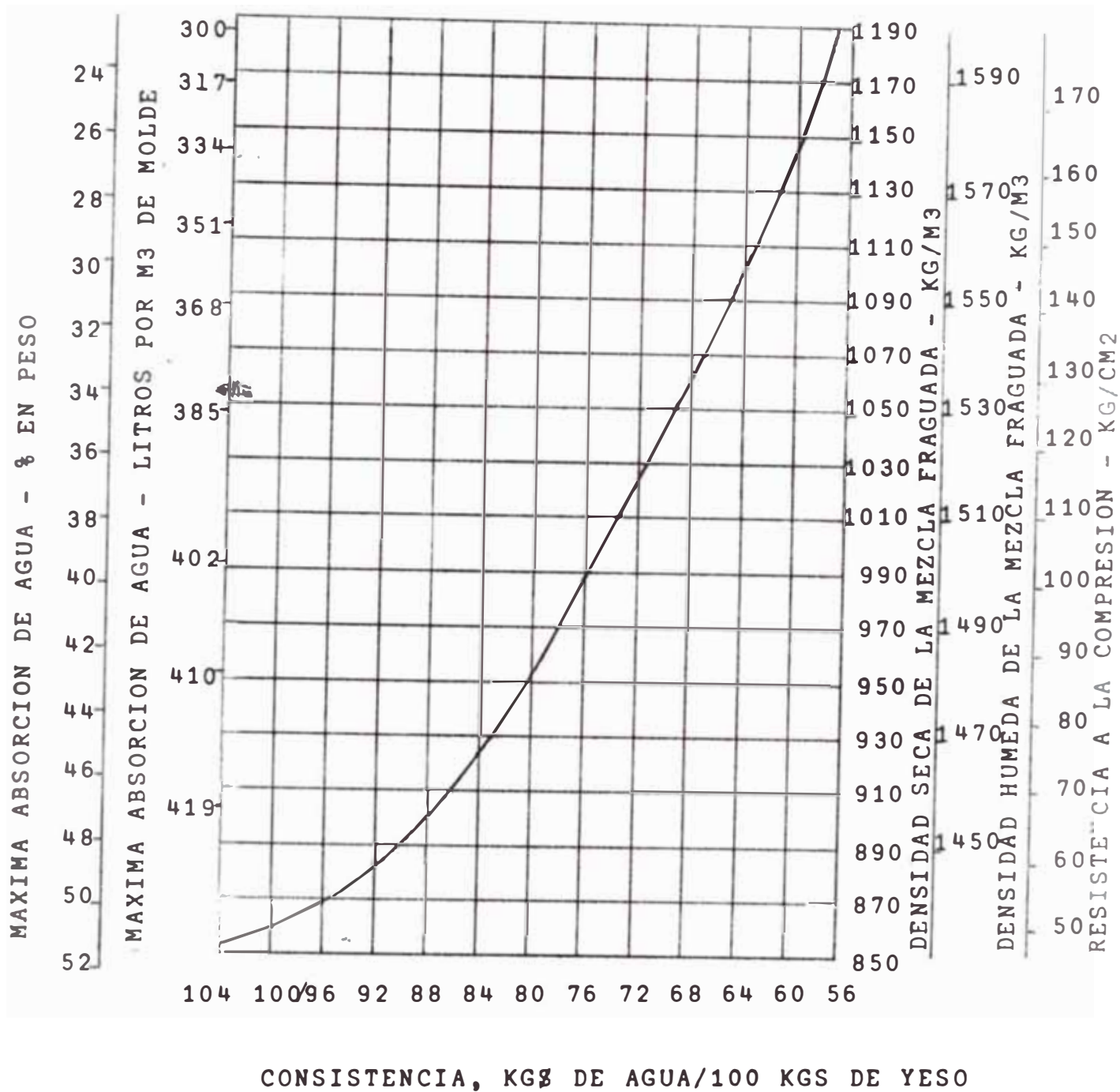


FIGURA 4.3 : VARIACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MOLDES DE YESO, CON LA CONSISTENCIA EN AGUA DE LA PASTA USADA

#### 4.8 DISPONIBILIDAD Y UBICACION DE LAS MATERIAS PRIMAS EN EL PAIS .-

En el Perú existen importantes yacimientos de todas las materias primas usadas en la fabricación de los sanitarios. Existen zonas, ya reconocidas geológicamente, en las cuales se encuentran estos materiales en cantidades y calidades capaces de satisfacer los requerimientos tanto iniciales como futuros de la planta en proyecto, poseyendo muchos de ellos vías de acceso, lo que representa precios bastante económicos.

Existe en la actualidad poco esfuerzo para investigar y abrir a la prospección más regiones potencialmente ricas en estos materiales.

Con fines de ordenamiento, consideramos las siguientes zonas exploradas y explotables, indicando los lugares donde se encuentran los materiales:

##### i) Departamento de Lima.-

CUARZO: En las cercanías de Lima y en el camino de la Molina a Cieneguilla se encuentran yacimientos bastante puros y abundantes de este material.

PEGMATITAS: Existen buenos yacimientos en los cerros de San Jerónimo y en el camino a Canto Grande, así como en Cajamarquilla. También se encuentran en la ruta de la Carretera y Ferrocarril Centrales (Lima-Huancayo) y en el Morro Solar.

CAOLINES: En la provincia de Cajatambo, distrito de Oyón, existen yacimientos de caolines plásticos y magros de buena calidad. También se encuentran yacimientos de caolín magro de fácil explotación y transporte en la provincia de Huarochirí, distrito de Santiago de Tuna y San Damián, paraje de Vichapampa.

MATERIALES CERAMICOS VARIOS: En los contrafuertes de la Cordillera de los Andes y por la ruta del Ferrocarril Central, existen importantes yacimientos de carbonato de calcio, dolomitas, magras, calizas, etc.

##### ii) Departamentos de Junín y Pasco

SILICE: Existe en la provincia de Jauja y a lo largo de la carretera y ferrocarril de Lima a Huancayo y Ce-

rro de Pasco, en yacimientos hasta de un 99 % de  $\text{SiO}_2$ .

ARCILLAS PLASTICAS: Existen del tipo inglés (ball clay), y arcillas plásticas finas, en el distrito de San Jerónimo de Tunán (provincia de Huancayo)

FELDESPATOS: Los hay de inferior calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán.

iii) Departamentos de Ancash y La Libertad .-

ARCILLAS Y CAOLINES: Hay buenos yacimientos en la provincia de Huamachuco, al pie de la carretera Trujillo-Huamachuco (arcillas plásticas) y en el Callejón de Huaylas.

PIROFILITAS: En la provincia de Otuzco.

FELDESPATOS: La costa del departamento de Ancash es rica en yacimientos desde Casma hasta Chimbote (feldespato ortosa de inmejorable calidad), a unos 350 kilómetros al norte de Lima.

iv) Departamento de Cajamarca .- Diversos materiales como sílico-aluminosos, caolines, sílice, feldespato, etc. se encuentran en las provincias de Chota y Cutervo y en la localidad de Balsas (zona del río Marañón).

En el siguiente cuadro se presentan Análisis Químicos Típicos de algunas de las materias primas anteriormente nombradas. Además, en la figura 4-4 mostramos la distribución geográfica de las materias primas en nuestro país.



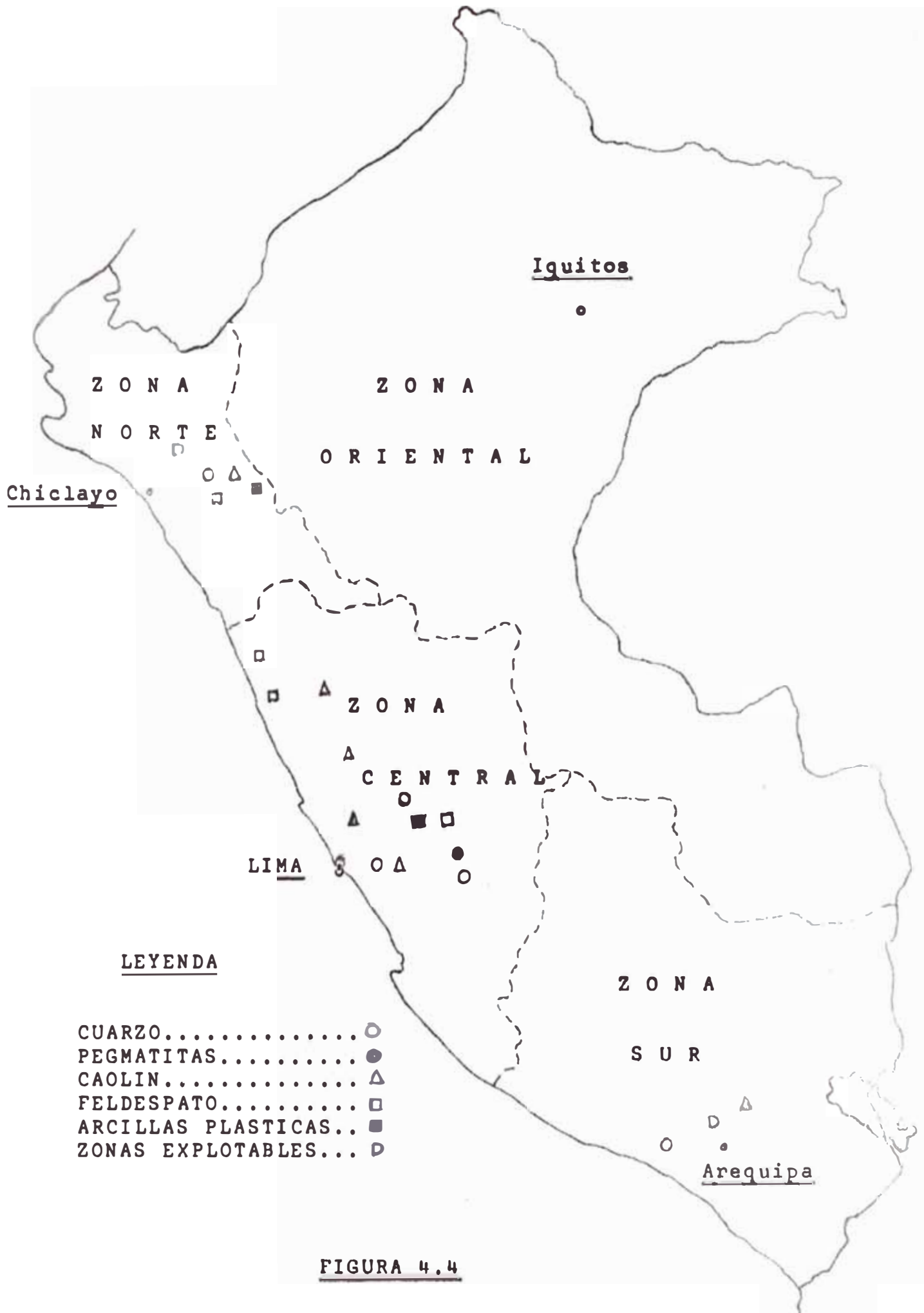
PERU - MATERIAS PRIMAS NACIONALES PARA LA INDUSTRIA CERAMICA

ANALISIS QUIMICOS TIPICOS

MATERIAL	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% MgO	% Pérdida H <sub>2</sub> O
Arcilla Plástica (Cajamarca)	66.85	26.25	1.01	1.12	Trazas	5.56
Arcilla Plástica (Huancayo)	69.12	23.33	1.01	1.27	Trazas	4.69
Arcilla Plástica (Chota)	75.16	18.32	1.01	0.65	Trazas	4.16
Arcilla Plástica (Huamachuco)	74.19	17.93	1.01	0.31	0.30	4.29
Caolín (Cajamarca)	69.01	23.40	0.73	0.52	Trazas	7.74
Caolín (Cajatambo)	46.11	41.12	2.15	0.31	Trazas	11.82
Caolín (Huamachuco)	79.25	29.09	0.74	0.31	Trazas	1.15
Caolín Silíceo (Cerro de Pasco)	83.33	11.23	0.72	0.62	Trazas	3.43
Pegmatita (Lima)	76.19	14.50	1.01	2.16	Trazas	1.92

Fuente: Cuerpo de Ingenieros de Minas y Universidad Nacional de Ingeniería.

Cuadro 4.3



DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS POR ZONAS



## CAPITULO V

### ESMALTE , VIDRIADO O BARNIZ

#### 5.1 GENERALIDADES .-

El esmalte, vidriado o barniz es una capa delgada de cubierta vítrea aplicada a la superficie del cuerpo cerámico con el propósito de preservar el cuerpo del sanitario de la humedad y mejorar su apariencia y decoración.

Un vidriado no será adecuado a cualquier temperatura definida o sobre cualquier cuerpo, a causa de muchos factores desconocidos, esto es, un vidriado que pueda ser perfectamente satisfactorio en una planta dada puede ser indeseable en otra a causa de variables, tales como:

- 1.- Velocidad de cocción o de quemado.
- 2.- Composición del cuerpo y tipo de producto hecho.
- 3.- Calidad y fórmula actual de las materias primas.
- 4.- Atmósfera del horno, tipo de combustible usado y temperatura variable.
- 5.- Técnica de aplicación y preparación del vidriado.

El costo y la eficacia de las materias primas será también un fuerte factor en la selección del vidriado adecuado.

#### 5.2 TENDENCIAS EN LA INDUSTRIA .-

Durante los últimos años se ha observado un incre-

mento gradual del número de plantas que se sirven de la "frita", el producto pulverizado de la fusión de algunos o de todos los componentes de un vidriado, para utilizarla como el principal constituyente del mismo.

Todavía encontramos un gran número de fabricantes de vajilla y un mayor número de artistas de cerámica que usan un vidriado totalmente hecho de frita en sus operaciones comerciales. Esto no debe sorprendernos si examinamos las muchas ventajas que pueden obtenerse al usar un 100% de frita en el vidriado:

- 1.- Materiales que son lentos en reaccionar a bajas temperaturas exhiben la mayor acción fundente después del fritado.
- 2.- Los colores bajo vidriado son más vivos y distinguibles en el vidriado de frita, a causa de que es menos activo químicamente; esto se debe al hecho de que menos fundentes activos necesitan estar presentes.
- 3.- El fritado incrementa el rango de cocción del vidriado y reduce su punto de fusión.
- 4.- El fritado baja el punto de fusión de una composición de vidriado dada y permite el uso de más alúmina y sílice para brindar mejor resistencia ante el agrietado y rajado.
- 5.- Simplifica el almacenamiento de las materias primas.
- 6.- Elimina la variación de un lote a otro de hornada.
- 7.- Simplifica la pesada del lote de hornada.
- 8.- Reduce el peligro de envenenamiento por plomo entre los trabajadores, desde que el proceso de fritado transforma al plomo a una forma insoluble.
- 9.- Permite más fácilmente la introducción de compuestos solubles en el vidriado.

El alto costo del transporte no ha hecho prohibitiva esta práctica del fritado. Muchas plantas están comprando frita para el vidriado en compañías especializadas y en forma más económica de la que ellas pudieran producir. Además de esto, ellos aprovechan los últimos desarrollos del vidriado que dichas compañías obtienen por medio de la investigación.

Debido a la escasez y alto costo del plomo, en especial durante los años de post-guerra, muchos trabajos de investigación han sido hechos con objeto de desarrollar un vidriado sin plomo que tuviera las mismas propiedades que la fórmula del recubrimiento por plomo. El problema inmediato era obtener un sustituto satisfactorio para el plomo tal que fuera fusible a bajas temperaturas, siendo a la

un activo solvente para los materiales más refractarios. Esto dio como resultado un vidriado homogéneo de brillante lustre y con capacidad para cubrir manchas y otras irregularidades de la superficie con relativa facilidad.

Algunos de los materiales que parcialmente se usan como sustitutos del plomo consisten en carbonatos de estroncio, bario y litio, carbonato de calcio, espato-flúor, etc. Aunque hay algunos barnices sin plomo que muestran ventajas y perspectivas al comparárseles con aquéllos que contienen plomo, debe entenderse que los primeros son más tendientes y susceptibles a las variaciones del quemado, lo cual se debe al rango de cocción más estrecho.

A continuación figuran algunas de las propiedades comparativas más aparentes entre los barnices con y sin plomo:

- i) Los barnices sin plomo son de necesidad restringida a un estrecho rango de calentamiento, haciendo esencial un cerrado control de temperaturas. Con un rango más estrecho de temperaturas, es más fácil escaparse del mismo; esto dará, de un lado, elevación de la textura grasosa y, del otro, elevación del ampolamiento.
- ii) Un vidriado exacto es más crítico en los barnices de tipo "sin plomo". Esto puede esperarse debido a que se requiere de un contenido más alto en álcali para conservar el vidriado dentro del rango de temperaturas apropiado, poseyendo los barnices de plomo un grado más alto de elasticidad que opone, para una cierta magnitud, la tendencia al agrietamiento.
- iii) Puede producirse la cristalización allí donde el ciclo de enfriamiento es demasiado lento y prolongado. Evidencia esto la aparición de opacidad o maticidad o la visible cristalización.
- iv) Como regla, los vidriados sin plomo tienen una viscosidad más baja comparados con los de plomo, lo que facilita en cierta forma la eliminación de burbujas.
- v) El costo de las materias primas para un barniz sin plomo es inferior al de un barniz de plomo.

### 5.3 CONSTITUYENTES DEL BARNIZ .-

#### 5.3.1 Sílice (SiO<sub>2</sub>).-

Fuentes: feldespatos, pedernal y arcillas.

La sílice puede ser ajustada para regular temperaturas de fusión del vidriado o barniz. Variando el grupo RO (óxidos básicos de Ca, Ba, Mg, Fe, Mn, Pb, Cd, Zn y Be) y balanceando el grupo contra cualquier contenido deseado de sílice, la temperatura de maduración del barniz puede ser controlada exactamente. Incrementando la sílice a expensas del ácido bórico, un vidriado se vuelve más duro, brillante y duradero. Se dice que, sustituyendo la sílice por ácido bórico, se incrementará el coeficiente de expansión; consecuentemente, relativas cantidades de  $\text{SiO}_2$  y ácido bórico pueden ser proporcionadas para obtener el mejor ajuste posible entre el cuarzo y el barniz.

Incrementando el contenido de sílice en un barniz se logrará:

- 1.- Elevar la temperatura de fusión (más refractario).
- 2.- Disminuir la fluidez de la masa fundente (mayor viscosidad).
- 3.- Incrementar la resistencia del vidriado terminado a las soluciones acuosas o al ataque químico.
- 4.- Bajar el coeficiente de expansión.
- 5.- Incrementar la dureza y resistencia física.
- 6.- Aumentar el lustre y brillo hasta que se alcancen altos porcentajes donde los matices semi-mate y mate que se produzcan sean debidos al incremento de la refractariedad.
- 7.- Incrementar la tendencia a devitrificar.

#### 5.3.2 Oxido bórico.-

Fuentes: bórax y ácido bórico.

Responde a la fórmula  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Es un constituyente importante de los barnices debido a que es capaz de producir mezclas de bajo punto de fusión, al tiempo que forma un vidrio tan bueno como el de sílice. Cuando es usado en grandes porcentajes, baja la resistencia del barniz al ataque ácido y acuoso. Es un buen fluidizante, reduce la viscosidad dentro de límites y promueve alto brillo. Como se estableció anteriormente, el ácido bórico y la sílice pueden ser variados para conseguir un mejor ajuste en el barniz. Puede ser ventajoso observar que un alto porcentaje de óxido bórico reduce la dureza del barniz, incrementa la solubilidad, acorta el rango de cocción y causa cocimiento de los colores. Barnices conteniendo  $\text{B}_2\text{O}_3$  no son de ordinario adecuados para condiciones de cocción directas y largas, tales como las encontradas en productos de arcilla pesada (ladrillos, baldosas, etc.).

### 5.3.3 Alúmina ( $Al_2O_3$ ).-

Fuentes: feldespatos, criolita o hidrato de alúmina.

La alúmina puede combinarse con sílice o con óxidos básicos y es ampliamente usada como medio para regular la proporción de oxígeno, de allí que promueva la devitrificación.

En barnices brillantes y lustrosos la proporción alúmina/sílice varía de 1:6 a 1:10, mientras que en vidriados mates su rango es solamente de 1:3 a 1:4. Generalmente se considera que el incremento de la alúmina es el mejor método para obtener buenos mates.

En los tipos de barnices brillantes, el contenido de alúmina regula el grado de fluidez de la masa fundida (un incremento de  $Al_2O_3$  aumenta la viscosidad) y le da la estabilidad necesaria a la temperatura requerida para la maduración; además, tiene un mayor efecto sobre la durabilidad que cualquier otro óxido simple, incrementa la refractariedad, mejora la resistencia a la tensión, baja la expansión térmica y añade dureza y brillo al conjunto del vidriado.

### 5.3.4 Potasio ( $K_2O$ ).-

Fuentes: la más común es el feldespatos, donde son introducidas también la sílice y la alúmina. Otras fuentes son  $K_2CO_3$  y  $KNO_3$ .

La potasa, un álcali, es un fluidizante muy común al que a menudo se prefiere a la soda debido a que produce un vidriado más brillante que ésta en algunos casos y da un rango de cocción ligeramente mayor; incrementa la expansión del vidriado y, si se usa en grandes cantidades, puede llegar a causar agrietamiento.

### 5.3.5 Sodio ( $Na_2O$ ).-

Fuentes: feldespatos, bórax, carbonato de sodio y  $NaNO_3$ .

La soda, también álcali, es un fluidizante más poderoso que la potasa y se usa principalmente en vidriados de muy baja temperatura donde es requerido el efecto de su poder fluidizante. Los barnices sódicos son generalmente menos resistentes al agua que los correspondien-

tes barnices potásicos. Tienen un alto coeficiente de expansión, pudiendo causar agrietamientos. Disminuye la resistencia a la tensión y la elasticidad, en acción comparada a la de otras bases comunes.

#### 5.3.6 Cal (CaO).-

Fuentes: carbonato de calcio puro, cal viva, caliza, dolomita y anortita (feldespato cálcico).

La cal es el principal fluidizante en barnices de media y alta temperatura, pero no es tan efectivo a bajas temperaturas (debajo del cono 4). Reduce la viscosidad en vidriados de un alto contenido en sílice; si el líquido es demasiado flúido, tendrá una tendencia a devitrificarse fácilmente, dando un acabado mate opaco.

Comparado con los álcalis, baja el coeficiente de expansión térmica. Promueve la adherencia del barniz al cuerpo, desde que reacciona con ambos. El calcio contribuye a la estabilidad, dureza y fortaleza del vidriado, siempre que se le use en cantidades apropiadas.

#### 5.3.7 Monóxido de plomo (PbO).-

Fuentes: minio ( $Pb_3O_4$ ), albayalde ( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ) y litargirio (PbO).

El monóxido de plomo reacciona fácilmente con la sílice para formar silicatos de plomo de baja fusibilidad los cuales, por sí mismos, forman vidriados estables con alto brillo y lustre debido a un alto índice de refractividad. Tiene un bajo coeficiente de expansión comparado al de los álcalis, disminuye la viscosidad de la masa fundida y hace al vidriado menos tendiente a devitrificarse. Los vidriados de plomo son apropiados para el uso y no son delicados como otros tipos, esto es, pequeñas irregularidades en el proceso pueden no dañar un vidriado de plomo, mientras que, de usar un vidriado sin plomo, el producto perdería su valor.

Cuando es usado en el vidriado como frita pulverizada, el silicato produce una acción fluidizante fuerte. Es relativamente insoluble al agua. Esto es prácticamente cierto en el quemado, desde que los vidriados de plomo tienen un rango de cocción mayor. El uso de compuestos de plomo en los barnices también tiene algunas desventajas, tales como:



- 1.- Naturaleza impropia en muchas de sus formas.
- 2.- Vidriados constituídos impropriamente pueden ser susceptibles al ataque químico.
- 3.- Volatiliza fácilmente durante el quemado, promoviendo así la pérdida del vidriado.
- 4.- El agrietamiento es común pero generalmente evitable.
- 5.- Algunos barnices de plomo pueden mostrar una baja en su brillantez después de una prolongada exposición a los gases comúnmente presentes en la atmósfera.
- 6.- La resistencia a la abrasión de los vidriados es disminuída a medida que se eleva el contenido de plomo.
- 7.- Los barnices de plomo están sujetos a reducción en un horno de atmósfera reductor-a.

#### 5.3.8 Bario (BaO).-

Fuente: carbonato de bario.

El bario es usado principalmente en fórmulas sin plomo. También es usado como fluidizante en la formación de estructuras mate. En grandes cantidades, toma el rol de refractario, aumentando la temperatura de fusión. En cantidades extremadamente pequeñas mejora el brillo y la resistencia mecánica, ayudando a la resistencia ante ácidos orgánicos.

#### 5.3.9 Magnesio (MgO).-

Fuentes:  $MgCO_3$ , dolomita y talco.

El magnesio actúa como un refractariante a una temperatura relativamente alta, sin embargo, una mezcla de cal y magnesia o dolomita no es tan refractaria como el magnesio solo. A altas temperaturas, llega a ser un fluido muy activo que incrementa la fluidez del barniz y baja la expansión térmica.

Se comporta similarmente a la cal, haciendo más fluido al vidriado a altas temperaturas. Es usado como un constituyente de algunos mates de baja temperatura, tiende a reducir el agrietamiento y puede ser nocivo a ciertos colores bajo vidriado. Aunque el magnesio no es un fluido lo suficientemente fuerte como para reemplazar al plomo, es un constituyente valioso en un barniz sin plomo cuando se le usa en pequeñas cantidades.

#### 5.3.10 Litio ( $Li_2O$ ).-

Fuentes: carbonato de litio, lepidolita, ambligonita y espodumerio.

El litio, un álcali, es un flúido poderoso, más valioso en barnices sin plomo. Su alto costo y expansión térmica prohíben el uso de grandes cantidades de litio en una composición dada, sin embargo, pequeñas cantidades producirán marcados cambios en la fusibilidad, fluidez y tensión superficial de un vidriado.

#### 5.3.11 Estroncio (SrO).-

Fuente: carbonato de estroncio.

Así como el bario, el estroncio es usado en una extensión limitada, de igual manera que la cal y el magnesio. Parece que ofrece todas las ventajas del bario en los vidriados, sin propiedades venenosas, y tiene la tendencia del bario a causar defectos en un horno de atmósfera sulfurosa.

Puede ser usado como un reemplazo del plomo en barnices de baja temperatura, pero es necesario añadir un mayor calor durante la cocción de pulido. El estroncio extiende el rango en el quemado de ciertos barnices de alto porcentaje de cal y mejora el fijado y la dureza del barniz.

#### 5.3.12 Zinc (ZnO).-

Fuente: Óxido de zinc en forma pura.

El zinc es usado en muchos vidriados como un fluidizante para prevenir el agrietamiento. En cantidades moderadas, a menudo, mejora la elasticidad, alarga el rango de maduración y realza el brillo de ciertos colores, tales como pardos, rosados de cromo-alúmina, azules, etc.

Producirá opacidad o blancura cuando el contenido de calcio sea bajo. A medida que el contenido de zinc se incrementa, el matizado se desarrolla. El zinc abrillanta los azules, atenúa los pardos y malogra los verdes cromo y cobre. Puede dañar los colores bajo vidriado.

#### 5.3.13 Sulfato de cobalto (SO<sub>4</sub>Co).-

Fuente: sulfato de cobalto.

El sulfato de cobalto se usa a menudo en cantidades del orden de un 0.02% cuando se quiere alcanzar un color azul-blanco más límpido para un cuerpo. Para que ninguna traza azul aparezca en el cuerpo, debe seguirse la siguiente



te preparación:

- 1.- Disolver el  $\text{CoSO}_4$  en agua.
- 2.- Disolver algo de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en agua.
- 3.- Mezclar las dos soluciones.
- 4.- Filtrar el precipitado de  $\text{CoCO}_3$ , lavándolo hasta que el filtrado sea claro.

#### 5.4 OPACIFICANTES .-

5.4.1 Oxido de estaño: es usado a causa de su baja solubilidad en silicatos fundidos y su poder cubriente relativamente alto. Vidriados conteniendo estaño en cerrada proximidad a los colores cromáticos serán afectados por los humos.

5.4.2 Compuestos de zirconio: A iguales porcentajes, no desarrollan una opacidad tan alta como la del óxido de estaño debiendo, por consiguiente, usarse en proporciones más altas según la siguiente composición aproximada: 8% de óxido de zinc, 10% de "opax" y 12% de "zircopax". Ellos producen un blanco natoso comparado con el óxido de estaño, pero son ventajosos desde el punto de vista de que los vapores cromáticos no mancharán el barniz opaco.

Los opacificantes comunes comerciales de zirconio aparecen abajo, en sus composiciones aproximadas:

CUADRO 5.1

	% OXIDO DE ZR	SILICE	$\text{AL}_2\text{O}_3$	ZnO
Opax	89.8-91.9	5.8-7.2	--	--
Superopax	61.0-62.2	36.4-38.5	--	--
Zircopax	64.9	34.3	--	--
Ultrox	65	35	--	--
Espinela de Zr	39.9	20.3	19.4	18.4-19.5
Silicato de Zn-Zr	45.5-46.2	23.0-25.0	--	27.4-30.4

La adición de un 12% de zircopax al molino de un vidriado opaco dará:

- i) Rinde un grado moderado de agrietamiento.
- ii) Incrementa la dureza al rayado.
- iii) Incrementa la resistencia a la abrasión del barniz.

#### 5.5 ARCILLAS .-

Las arcillas son indispensables como materiales del vidriado porque:

- i) Ayudan a mantener en la capa del barniz a otros materiales en suspensión.
- ii) A la larga, son los responsables de la adhesión de la capa de barniz al cuerpo.
- iii) Son un medio de control de la contracción de la capa no quemada de barniz sobre el cuerpo.

Para barnices transparentes, las arcillas deben contener una cantidad mínima de impurezas, por lo que se prefieren los caolines. A menudo, para la selección adecuada de las arcillas puede ser minimizado el uso de un electrolito y así pueden evitarse ciertos defectos del sanitario, tales como rajado y desportillado.

#### 5.6 FELDESPATOS .-

Todos los feldespatos son combinaciones variadas de ortoclasa o microdina y albita (silicatos de alúmina potásico y sódico, respectivamente). Las propiedades físicas del barniz pueden ser alteradas por el simple cambio de un feldespato a otro. La sustitución de un feldespato potásico por uno sódico disminuiría la fluidez y el coeficiente de expansión, pero también incrementaría la resistencia a la solución acuosa y al rajado. El feldespato actúa ya sea como fluidizante o como refractario, dependiendo esto de los otros constituyentes del lote y de la temperatura de maduración del vidriado.

#### 5.7 AGENTES DEFLOCULANTES .-

Son tres las funciones de los agentes defloculantes:

- i) Prevenir que los barnices sedimenten en el fondo del recipiente.
- ii) Evitar que los barnices lleguen a ser demasiado fluidos o 'corredizos' y que se chorreen luego de aplica-

dos a la pieza.

- iii) Evitar el "cortinamiento" o distribución no uniforme de la capa de barniz.

Algunos de los agentes más comunes son:

#### 5.7.1 Arcilla.-

En productos finos debe mantenerse en cantidad mínima, la suficiente como para conservar al vidriado en su pensión.

#### 5.7.2 Acido acético.-

Ha sido usado en algunos casos, pero debe tenerse cuidado cuando se le emplea desde que, un exceso de él, es capaz de ralea al vidriado fuera de los límites del buen rociado.

#### 5.7.3 Sulfato de magnesio.-

Aunque es el electrolito más popular, debe recordarse introduce sulfatos al barniz. Debe añadirse en solución al barniz y no en forma cristalizada.

#### 5.7.4 Cloruro de calcio.-

Es tan efectivo como el sulfato de magnesio, con las diferencias obvias relativas a la introducción de sulfatos a los barnices.

#### 5.7.5 Bentonita.-

Puede usarse en un 1% en todos los barnices de frita, donde las arcillas y el electrolito son mantenidos a un mínimo.

#### 5.7.6 Cloruro de bario.-

Es también regularmente eficaz.

#### 5.8 GOMAS .-

La dextrina, goma arábica, goma tragacanto, goma gatti y goma karaya son algunas de las sustancias orgánicas más comunes que se emplean para promover la adhesión e impedir el descascarillado del vidriado en estado seco. La solución de goma y agua debe prepararse previamente y

añadirse luego al barniz en suspensión, ya que la introducción directa de la goma provocaría separaciones de masas sólidas. Entre las gomas empleadas en aparatos sanitarios, merece especial atención la de metil celulosa.

#### 5.8.1 Goma de metil celulosa.-

La metil celulosa es usada como ingrediente de barnices en vajilla, aparatos sanitarios y baldosas, ya sea que el barniz se aplique por rociado o por inmersión. Es un formador de película, endurecedor y cohesionador, así como un agente de suspensión y nivelación. Reduce los deshechos por fallas en barniz pues facilita el manipuleo, disminuyendo el corrido y el doblez, al tiempo que mejora la cohesión. Además, produce un acabado más uniforme.

#### 5.9. COLORES PARA ESMALTES CERAMICOS .-

Los colores para esmaltes cerámicos son mezclas de óxidos calcinados que se unen al esmalte cerámico o al engobe antes de su aplicación sobre el artículo, o se aplican a la pasta antes de la operación de moldeado.

El secreto relativo a la composición de colores cerámicos va desapareciendo progresivamente y en la actualidad las compañías que fabrican estos colores dan a conocer la composición exacta o muy aproximada de los mismos. Esto es importante, en especial cuando se trabaja con esmaltes cerámicos que solamente permiten pequeñas modificaciones en su composición, siendo necesario entonces conocer si un color tiene un porcentaje alto en plomo, en alúmina, etc. para estar capacitado a balancear adecuadamente la composición del esmalte. Por ejemplo, en los colores a base de cromo-alúmina, la composición del esmalte cerámico puede ciertamente afectarse al adicionar el color ya que, en la generalidad de los casos, se necesita un porcentaje alto de estos colores; si se usara un 10% de un color de cromo-alúmina, se estaría introduciendo aproximadamente un 7% o más de óxido de aluminio al esmalte lo cual, en muchos casos, podría modificar las características del esmalte cerámico.

A continuación se presenta un estudio del efecto de varios ingredientes más o menos comunes a los esmaltes cerámicos, sobre los principales o más conocidos colores cerámicos comerciales.

### 5.9.1 Colores amarillos.-

Estos colores pueden obtenerse con:

- a) Plomo y cromo (Cromato de plomo);
- b) Plomo y antimonio (Antimoniato de plomo);
- c) Estaño y vanadio (Vanadiato de estaño);
- d) Zirconio y vanadio (Vanadiato de zirconio);
- e) Titanio y antimonio (Antimoniato de titanio).

i) Los colores amarillos de cromato de plomo son muy brillantes pero generalmente no muy estables a temperaturas superiores al cono 8. Cuando son usados a temperaturas mayores que la citada, el compuesto se descompone y puede llegar a obtenerse un color verde similar al del óxido de cromo.

Estos colores son también muy sensibles a variaciones de tono cuando cambia la temperatura del horno.

ii) Los colores de plomo-antimonio son bastante brillantes y estables hasta la temperatura de cono 4. Bajo ciertas condiciones, el color puede ser usado, sin que pierda sus propiedades, hasta temperaturas de cono 2.

En el grupo R0, la presencia del óxido de plomo es indispensable. El litio, sodio y potasio producen un tono amarillo anaranjado muy intenso. El óxido de zinc destruye el color y por tanto debe ser evitado. El magnesio, bario, calcio y estroncio producen un tono de color que tiende al amarillo canario. El boro tiende a diluir el color, dependiendo esto desde luego de los demás constituyentes; este elemento deberá ser mantenido tan bajo como sea posible. El óxido de estaño tiende a dar al color un tono ligeramente café. Los óxidos de zirconio y de titanio tienden a producir un tono de color amarillo naranja intenso.

iii) Los colores de estaño-vanadio son los más comúnmente usados para producir amarillos estables en un margen muy amplio que va desde el cono 6 hasta el 11. Con estaño-vanadio se producen colores cerámicos que pueden ser usados como colores para vidriado y para bajo vidriado y que podrían ser usados también en colores para pasta, siendo su única limitación su elevado costo debido al alto porcentaje de óxido de estaño que contienen.

Los amarillos producidos por estaño-vanadio son muy estables y no son afectados aún por esmaltes bastante suaves. Producen generalmente buen color en casi todos los esmaltes cerámicos, aun cuando éstos carezcan de plomo.

El óxido de estaño tiende a cambiar el tono hacia el marfil, en tanto que el de zirconio sostiene e intensifica el color amarillo. El óxido de titanio tiende a ensuciar el color amarillo

iv) Los colores amarillos producidos por zirconio-vanadio no son tan estables como los producidos por el estaño-vanadio. El color es destruido completamente en esmaltes que no contienen plomo. También son atacados rápidamente por el óxido bórico cuando éste existe en cantidades considerables, por lo que su porcentaje habrá de ser mantenido tan bajo como fuera posible. Como el color tiene un alto porcentaje de óxido de zirconio, una reducción en la sílice del esmalte cerámico ayudará a prevenir a éste contra cambios a color mate.

En el grupo RO, el litio, zinc, bario y plomo producen un amarillo claro con tono alimonado, mientras que los demás elementos de este grupo tienden a producir un color amarillo canario intenso. Una fórmula molecular que podría recomendarse para este color es .5 a .8 de PbO, .2 a .5 en el grupo RO, .2 de  $Al_2O_3$ , .1 de  $B_2O_3$  y 1.5 de  $SiO_2$ .

El óxido de estaño produce un color café amarillento mientras que el de titanio produce un efecto cristalino.

v) Los colores de titanio-antimonio son generalmente usados como colores para pasta y no son tan brillantes como los otros de este grupo.

#### 5.9.2 Colores anaranjados.-

Generalmente pueden obtenerse a partir de los siguientes materiales:

a) Colores de cadmio-selenio: éstos solamente trabajan a baja temperatura y pueden ser usados con esmaltes cerámicos únicamente a temperaturas inferiores al cono 6 para obtener el color apropiado.

b) Colores de cromo-fierro-zinc: producen un color café anaranjado que puede ser usado en barnices para cerámica o bien como color para bajo y sobre vidriado.

#### 5.9.3 Colores rosa y rojos.-

Estos colores pueden ser obtenidos con los siguientes grupos de materias primas:



- a) Cromo - estaño;
- b) Cadmio - selenio;
- c) Cromo - alúmina;
- d) Alúmina - manganeso.

i) Los colores de cromo-estaño son los más usados para obtener colores intensos, tanto en bajo vidriado como en colores para barniz. Son estables hasta una temperatura de cono 11 si se usa una base apropiada.

La mejor base de esmalte cerámico para este tipo de colores se encuentra entre límites muy estrechos. Los mejores resultados han sido obtenidos con esmaltes de una gran proporción de plomo y calcio. Además del plomo y del calcio, en el grupo RO pueden usarse sodio y estroncio. El contenido de  $B_2O_3$  causa puntos blancos en el esmalte, especialmente si se encuentra pasado de calor. El boro produce también un tono más azulado. Un contenido alto de alúmina puede destruir casi completamente el color. Una pequeña cantidad de óxido de estaño de 1-5% ayuda a estabilizar el color y a darle más cuerpo. Al aumentar el contenido de óxido de estaño, el color tiende a dar un tono más azulado. La sílice tiende a destruir el color; lo propio ocurre con el zirconio y el titanio.

Con las siguientes composiciones moleculares se han obtenido esmaltes muy aceptables: .35 de  $CaO$ , .1 de  $SnO$ , .55 de  $PbO$ , .2 de  $Al_2O_3$ , .2 de  $Hf_2O_3$  y 2.0 de  $SiO_2$ .

ii) Los colores de cadmio-selenio permiten obtener un rojo brillante si se usan con esmaltes cerámicos de baja temperatura. Para obtener un color rojo, el contenido de selenio debe ser mayor que el contenido de cadmio.

iii) Los colores de cromo-alúmina son estables hasta temperaturas de cono 11. Este es un color difícil de obtener si no se tiene un buen esmalte base. El plomo, magnesio y, en especial, el óxido de zinc ayudan muy favorablemente a desarrollar un buen color. Todos los otros elementos del grupo RO son perjudiciales. El  $B_2O_3$  debe mantenerse tan bajo como sea posible. El óxido de zirconio parece favorecer al desarrollo de estos colores.

iv) Los colores de alúmina-manganeso se usan para pastas que sean requeridas con un color rosa intenso. Tanto el óxido bórico como el de zinc son perjudiciales a estos colores.

#### 5.9.4 Colores café.-

Estos colores son producidos por:

- a) Cromo - fierro - zinc;
- b) Cromo - alúmina;
- c) Fierro - manganeso.

Los colores de cromo-fierro-zinc son los más comúnmente usados para dar diferentes tonos de café a temperaturas aún superiores a la de cono 11. Este grupo de colores puede ser modificado con variaciones de tono por adiciones de óxido de estaño, óxido de níquel o alúmina. Comúnmente, diferentes variedades de tono pueden ser obtenidas por estos colores en diferentes tipos de esmaltes. El calcio, boro y bismuto tienden a producir tonos más claros, mientras que el magnesio tiende a producir un tono más intenso de cromo-alúmina. Los óxidos cafés de cromo-fierro-zinc pueden ser mezclados con los óxidos rosas de cromo-alúmina para producir series de colores que varían desde el rosa hasta el café, empleándose comúnmente los intermedios, colores tales como el salmón, el color carne, etc..

Los colores de fierro-manganeso producen un color café intenso en muchas bases cerámicas.

#### 5.9.5 Colores azules.-

Los colores azules pueden ser obtenidos de ordinario con los siguientes materiales:

- a) Sílice - cobalto;
- b) Zinc - alúmina - cobalto;
- c) Sílice - cobre;
- d) Zirconio - vanadio.

El color producido por el silicato de cobalto es uno de los azules más populares y ha sido usado desde tiempos muy remotos. Este color puede ser alterado por adiciones de bario y óxido de zinc. La dosis creciente de alúmina lleva el color hacia un tono más claro y semejante al aluminato de cobalto. Los colores producidos por el silicato de cobalto pueden ser usados a todas las temperaturas.

Los colores azules producidos por cobre solamente pueden ser obtenidos en esmaltes cerámicos con un alto contenido de álcalis en su composición. De no ser así, el



color tendería siempre hacia el turquesa o el verde. Estos colores no son estables a temperaturas superiores al cono 3.

Los colores azules producidos por zirconio-vanadio tienen un tono más verdoso que los producidos con cobalto y producen principalmente colores turquesa.

#### 5.9.6 Colores verdes.-

Pueden ser producidos por:

- a) Cromo;
- b) Cromo - calcio;
- c) Cobre.

Tanto los colores de cromo como los de cromo-calcio desarrollan mejor en un esmalte base que tenga un alto contenido de calcio. El litio y el magnesio son muy perjudiciales. El zinc tiende a volver el color en café. El sodio, potasio y bario no producen acción nociva alguna si el esmalte es rico en calcio. El estroncio y el boro son muy benéficos, volviéndose más limpio y brillante el color cuando el contenido de  $B_2O_3$  es aumentado. El zirconio es el mejor opacificante que puede ser usado con colores verdes de cromo. El titanio tiende el color hacia un café sucio. El color verde victoria que es producido por cromo y calcio, es muy sensible a la presencia de zinc y a las variaciones de temperatura.

Colores verde-azules pueden ser obtenidos combinando o mezclando los colores de cobre con colores de cromo-cobalto.

#### 5.9.7 Colores negros.-

Los colores negros generalmente son obtenidos de los siguientes tipos de materias primas:

- a) Negros a base de cobalto;
- b) Negros sin cromo;
- c) Negros sin cobalto.

i) Los colores negros de cobalto resultan generalmente de la combinación de cobalto, cromo, alúmina, fierro y algunas veces, manganeso. Con pocas excepciones, todos estos colores son bastante estables y pueden ser usados en una gran variedad de bases cerámicas; sin embargo, algunas veces tienden a tomar un tinte azulado en bases que no con-

tienen plomo.

ii) Los negros sin cromo son generalmente empleados en esmaltes en los que la presencia de cromo puede ser indeseable.

iii) Y los colores negros sin cobalto fueron desarrollados debido a la imperiosa necesidad de sustituir este metal tan restringido últimamente; por lo general, son muy sensibles a la presencia del óxido de zinc que, como es ya sabido, tiende a producir el color café.

Generalmente todos los colores negros son estables aún a temperaturas de cono 11.

#### 5.9.8 Colores blancos.-

Los colores blancos pueden ser obtenidos de los siguientes materiales:

- a) Silicato y óxido de zirconio;
- b) Óxido de estaño;
- c) Bióxido de titanio.

i) Los opacificantes a base de silicato de zirconio se han ido introduciendo cada vez más en el mercado debido a las ventajas de su bajo precio y a la alta opacidad que pueden producir cuando se les trabaja con un esmalte cerámico adecuado. Su uso se ha extendido también a los colores sobre y bajo barniz.

ii) El uso del óxido de estaño blanco es bastante satisfactorio en bajos barnices y también en colores para barniz; sin embargo, es bastante sensible a cambios de color producidos por trazas o impurezas de cromo dentro del horno durante la operación de quemado.

iii) El bióxido de titanio imparte un tono crema a los esmaltes cerámicos y es generalmente usado en colores sobre barniz para desarrollar el color blanco.

#### 5.9.9 Colores grises.-

Estos generalmente son obtenidos de los siguientes materiales:

- a) Mezcla de negros con blancos;
- b) Estaño - antimonio.

La mayor parte de los colores negros standard pueden ser diluidos con arcillas o con opacificantes a base de zirconio, estaño, etc., para dar diferentes tonos de colores grises. Los colores de estaño-antimonio producen un color gris azulado muy agradable. Los colores grises son estables generalmente a casi todas las temperaturas hasta cono 11.

#### 5.10 COORDINACION ENTRE PASTAS Y ESMALTES .-

Un hecho interesante, de importancia y que rige la calidad de todo buen producto, especialmente en cerámica fina, es la coordinación de las propiedades entre la pasta y el esmalte.

Autores hay quienes consideran a la pasta y al esmalte como un solo compuesto químico, es decir, como una combinación química definida; entonces, bajo esta concepción, deberá reunir las condiciones de equilibrio dentro de límites aceptables para poder constituir un compuesto definido que se mantenga estable frente a las acciones de los agentes que tendrá que soportar durante su uso. Podrían considerarse el equilibrio químico y el equilibrio físico (dilatación). El primero es fácil de conseguir por tratarse de cuerpos afines, silicatos estables a las temperaturas usuales y separados por una delgada capa intermedia. El que es laborioso de conseguir es el equilibrio físico, por tratarse de dos capas de dilatación diferente separadas por la intermedia y que deben tener coeficientes de dilatación próximos para que de este modo guarden cierto equilibrio cuando el calor actúe sobre ellos y así no se afecten las estabildades de la pasta y del vidrio.

Con el objeto de facilitar el estudio y la representación de los compuestos cerámicos se ha establecido una forma adecuada que no es otra que la de la fórmula molecular de los compuestos en función de sus óxidos; esto se ha hecho debido a que, a altas temperaturas, la casi totalidad de materiales o compuestos cerámicos actúan al estado de óxidos y que, en los análisis efectuados a productos cerámicos, se constata un porcentaje de oxígeno suficiente como para formar óxidos simples con los demás componentes. Así tenemos que el  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se representa como  $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$  o, aún más, sólo como  $\text{CaO}$  porque el  $\text{CO}_2$  se desprende a altas temperaturas y entonces actúa exclusivamente el  $\text{CaO}$ . En cerámica se representa al silicato ácido de aluminio  $\text{H}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$  en una forma más propia, cual es:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Conociendo las diferentes propiedades de los óxidos, pueden saberse de antemano las acciones que impartirán a determinado compuesto y predecirse aproximadamente los resultados generales que, especialmente en la coordinación entre pastas y vidriados, servirán de gran ayuda para un trabajo científico y sistematizado.

Para su mejor estudio, los óxidos se han agrupado en tres categorías:

- a) Oxidos básicos: representados por  $\text{RO}$  y constituidos por los óxidos metálicos.
- b) Oxidos neutros: representados por  $\text{R}_2\text{O}_3$  y constituidos por los óxidos de los metales anfóteros.
- c) Oxidos ácidos: representados por  $\text{RO}_2$  y constituidos casi exclusivamente por el  $\text{SiO}_2$  y algunas veces por el  $\text{TiO}_2$  y el  $\text{ZrO}_2$ .

Con ayuda de estas premisas, el estudio de las pastas y vidriados se hace sobre fundamentos sólidos y precisos, estableciendo verdaderas fórmulas cerámicas denominadas fórmulas empíricas las que, sin representar el verdadero edificio molecular, simplifican mucho el estudio y el trabajo para conseguir que la delgada capa intermedia formada por la reacción de la pasta y el vidriado no sea sobrepasada en su resistencia mecánica, de modo que pueda neutralizar las diferencias existentes entre los coeficientes de dilatación de los mismos y lograr que ambos permanezcan unidos pese al desarrollo de tensiones diferentes durante los cambios de temperatura.

En la práctica es muy difícil el preparar un vidriado que concuerde de inmediato con la pasta; esta concordancia sólo se consigue después de laboriosos reajustes tanto en el cálculo de la composición como en la técnica de quemado; no obstante, siempre existirá diferencia de una tensión a otra pero esto ya no pondrá en peligro la resistencia de la capa intermedia y, pasta y vidriado habrán de permanecer unidos.

Existe abundante literatura sobre el estudio de las diferencias de tensiones entre pastas y vidriados, al igual que sobre los procedimientos para medirlas, pero lo que a la industria interesa en forma inmediata es remediar lo más que se pueda estas diferencias y no simplemente contentarse con medirlas. Es así que una manera de llevar a efecto satisfactoriamente este trabajo es la si-

guiente:

- a) Se hace un estudio definido de la pasta, es decir, se establecen la composición y propiedades de la pasta ya preparada o por prepararse.
- b) Se prepara el vidriado elegido entre aquéllos cuya adaptabilidad sea mejor dada la composición ya conocida de la pasta. Se conocerán también la composición y las propiedades de este vidriado.
- c) En forma sistemática se corrigen todos los defectos por apreciación experimental, con ayuda de los datos que la técnica nos suministra.

#### 5.11 DEFECTOS DE LOS ESMALTES .-

Los principales defectos que pueden producirse a consecuencia de la no concordancia entre pastas y vidriados son los siguientes:

##### 5.11.1 Cuarteado.-

Es el defecto más usual: se presenta en forma de finas rajaduras en la superficie del vidriado; se produce cuando el coeficiente de expansión del vidriado es mayor que el de la pasta. Puede corregirse alterando la composición del vidriado y también la de la pasta, siendo este último procedimiento de muy raro uso.

a) Alterando la composición del vidriado:

- i) Aumentando la proporción de sílice o feldespatos, hecho que se traduce como una disminución de bases. También puede añadirse la alúmina en caso de necesidad. Estas alteraciones hacen que se eleve el punto de maduración, es decir, que los vidriados se hagan menos fusibles.
- ii) En caso de que se precise guardar la misma relación del anhídrido a las bases, el reemplazo de aquél por el  $B_2O_3$  disminuirá el coeficiente de dilatación.
- iii) Reemplazar una base por otra de peso molecular más bajo; ej.: el  $CaO$  por el  $K_2O$ .
- iv) Aumentar la temperatura de cocción en uno o dos conos.

- v) Mantener la mayor temperatura durante mayor tiempo.
- b) Alterando la composición de la pasta:
  - i) Aumentando el contenido de cuarzo y disminuyendo el de las arcillas.
  - ii) Realizando el cocido a temperaturas superiores.
  - iii) Usando cuarzo más fino.

#### 5.11.2 Escamado.-

Como su nombre lo indica, se produce en forma de escamas, partículas o porciones pequeñas de vidriado que se desprenden de la pieza a partir de su superficie. En este caso, el defecto es debido a que el coeficiente de expansión es mayor en la pasta que en el vidriado. Se corrige alterando la composición del vidriado, como sigue:

- i) Disminución de la proporción de  $\text{SiO}_2$ , siempre que no se llegue a la formación de un bisilicato.
- ii) Al disminuir la proporción de anhídrido bórico sustituyéndolo por  $\text{SiO}_2$ , se puede mantener la misma relación molecular.
- iii) Aumentar el punto de maduración.
- iv) Reemplazar una base de bajo peso molecular por otra de mayor peso.

El defecto del escamado es menos frecuente que el de cuarteado; se manifiesta inmediatamente después de enfriada la pieza y especialmente en las partes agudas.

Aparte de estos dos defectos principales, existen otros que no dejan de ser muy molestos si no se lleva a cabo la corrección apropiada.

#### 5.11.3 Nodulación.-

Se produce cuando el vidriado posee elevada tensión superficial a las más altas temperaturas; este vidriado no pega y muestra tendencia a la formación de nódulos vidriados diseminados entre partes secas sin esmaltar. Los medios para corregir este defecto son los siguientes:

- i) Mediante la limpieza del objeto a vidriar, desengra-



- sándolo en forma adecuada, si hubiere necesidad.
- ii) Agregando algun aglutinante apropiado al vidriado.
  - iii) Deslustrando o puliendo la superficie de la pieza.
  - iv) Aplicando el vidriado en capas más delgadas.
  - v) Cocinando a temperaturas más elevadas.
  - vi) Reduciendo el contenido de feldespatos del vidriado

#### 5.11.4 Perforación.-

Se presenta este defecto en forma de pequeños agujeros en la superficie vidriada; puede deberse a la existencia de diminutas partículas de carbón en la pasta o a la rápida expansión de la humedad absorbida por la misma. La corrección puede llevarse a efecto de la siguiente forma:

- i) Evitar el enfriamiento demasiado rápido.
- ii) Limpiar la pieza con cepillos y pinceles para eliminar el polvo y la suciedad.
- iii) Trabajar con los moldes perfectamente secos.
- iv) Evitar el sobrecocimiento del vidriado.
- v) Eliminar de algun modo el azufre que pudiera existir en la atmósfera del horno.

#### 5.11.5 Descascarillado o desportillado.-

Se trata simplemente del pelado o descascarillado del esmalte; se le puede combatir sin modificar la composición del esmalte pero sí la de la pasta, por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- i) Aumentando el contenido de feldespatos a expensas de la arcilla plástica.
- ii) Agregando  $B_2O_3$  a expensas de  $SiO_2$ .
- iii) Evitando el secado demasiado rápido.
- iv) Trabajando con materias primas de la pasta que no estén divididas muy finamente.



v) Aumentando el contenido de fundente de la pasta, y reduciendo la alúmina y la sílice.

## CAPITULO VI

### E S T U D I O   D E   L A   T E C N O L O G I A   D E L

### P R O C E S O

#### 6.1 GENERALIDADES .-

En este capítulo veremos, de una manera general, los diversos métodos de fabricación de sanitarios, para luego detallar cada una de las etapas (operaciones y procesos unitarios) indicando la manera de desarrollarlas y el comportamiento de las materias primas a lo largo del proceso.

Finalmente, se acondicionará el proceso a las limitaciones prácticas y económicas de nuestro medio.

#### 6.2 ESTUDIO GENERAL DEL PROCESO .-

La elaboración de los artefactos sanitarios implica en realidad tres procesos interdependientes, que son:

1. Fabricación de los moldes.
2. Fabricación del esmalte vítreo.
3. Fabricación del cuerpo del sanitario.

El segundo proceso puede omitirse cuando la plan-