

hacían funcionar. Los condensadores son tubos de Hartz en vidrio Pyrex y tienen cierta inclinación para recoger el condensado. Todo el material que sostiene a esos condensadores es de grés, que es más barato. Los condensadores son refrigerados por una lluvia de agua, con excepción de los últimos, los cuales no necesitan, pues el simple intercambio de calor con el ambiente hace que se condensen los vapores.

El calafateo o reparación de los condensadores se hace por medio de una pasta compuesta de aceite de linaza, bien cocido; amianto y grafito. Esa pasta dura un mes más o menos y hay que estar en continua vigilancia para que no se deteriore.

Después de los condensadores pasan los gases a la bomba que actúa de oxidante y después a las torres de absorción en número de 16, rellenas con anillos de Raschig. Estos anillos tienen dos pulgadas de diámetro.

Como el ácido nítrico obtenido encierra gases, que lo colorean, se decolora por medio de un blan-

queador, en donde circula aire comprimido en contra corriente, que desaloja dichos gases.

El ácido que se obtiene puede tener estas dos concentraciones:

40° Bé	.....	60 %
44° Bé	.....	64 %

Se obtiene ácido de tres concentraciones: de 96 % por la primera condensación; de 75 % por la segunda condensación y de 60 % por absorción en agua.

Los recipientes para las mezclas son de Fe, asfaltados por fuera.

Por la parte inferior de la sretortas sale el bisulfato que es recogido en unas balsas recubiertas de Pb. Hay otro tipo construido de material anti-ácido. Este subproducto es de vital importancia, pues se usa para producir, sulfhidrato, sulfuro, SO<sup>2</sup>, hiposulfito y recuperación de S.

La fábrica tiene 20 obreros por turno; en total, 60 obreros.

# INDUSTRIA CERÁMICA

Fábrica de Santa Claudia. - (San Caetano, Estado de San Pablo)

por A. y H. BEHRENS

La cerámica puede ser llamada también la industria de los silicatos o de las arcillas, pues comprende la obtención de artículos duraderos, por lo acción del calor sobre mezclas apropiadas donde predominan los feldespatos, el cuarzo y las arcillas. Dentro de esta definición se encuentran incluidos, las fábricas de ladrillos de obra, refractarios comunes, azulejos, lozas de diversos tipos, porcelanas, según la composición de las mezclas realizadas. Cabría destacar aquí que el ladrillo refractario especial, como los de zirconia, cromita, alundo, magnesita, etc., han escapado, en parte, a esta primera definición. Sin embargo, hay quienes consideran estos productos, incluyendo asimismo el vidrio, bajo denominación más amplia de industrias de las altas temperaturas.

La industria de la cerámica (1) traída a Europa por intermedio de los moros a través de España y luego instaurada bajo la forma de las mayólicas y fayenzas, no era, para el Siglo XV, más que un producto de cuerpo poroso, esmalte opaco, coloreado en el caso de las fayenzas. El cuerpo era poco resistente y el vidriado blando.

De ahí que los navegantes portugueses introdujeran a mediados del siglo XV la llamada loza china; semi-transparente, no porosa, blanca, y recubierta por un vidrio duro y brillante. Tomó el nombre de porcelana en Italia.

La loza imitación china que no tardó en aparecer, era una mezcla íntima de arcilla feldespato y cuarzo. Se endurecía al horno a baja temperatura, y luego era cocida, conjuntamente con el esmalte a alta temperatura. El esmalte se componía de los mismos ingredientes que el cuerpo con cantidades apreciables de carbonato de calcio. A mediados del siglo XVIII, apareció en Inglaterra la Cerámica, de cuerpo blanco, llamada por los ingleses "fine earthenware", en el Brasil corresponde a la llamada, "granito o po de pedra". Posteriormente se intentó realizar lozas más semejantes a las chinas, pero con menores temperaturas de cocimiento. Aparecieron así las porcelanas a base de cenizas de hueso llamadas "bone-china". Desarrollándose posteriormente la industria sobre estas antiquísimas bases.

Las industrias cerámicas surgieron en los alrededores de las minas de materias primas en Francia, Italia, Alemania e Inglaterra. Aparecieron con el correr del tiempo en esos lugares, familias de obreros altamente especializadas, que transformaron la industria cerámica en un verdadero arte. La industria se circunscribía así más y más a determinados centros poblados, como Sevres, Moissen, Capo di Monte, Chelsea Stratfford-le-Bow, Worcester, etc. Las otras fábricas surgieron con el descubrimiento de nuevos yacimientos y el transplante de técnicos y obreros ya especializados.

El descubrimiento de yacimientos de caolin en los alrededores de la ciudad de San Pablo (2), (Santo Ammaro) y otros en Alto da Serra, Santo Andre, Perus, M'Boiguassu, Santa Helena en el Estado de Río, etc., crearon el terreno propicio para la aparición de la industria cerámica en esta localidad.

La fábrica de loza de Santa Claudia, está colocada en ese medio. Dispone de mano de obra y transporte adecuado. El agua la obtienen de pozos que la suministran con la pureza necesaria.

Los yacimientos de arcilla existentes en los alrededores de San Pablo, suministran la casi totalidad de la materia prima de esta fábrica. La mayoría de estos caolines parecen ser de origen primario, aunque su finura oscila alrededor del 90 % a través de la malla 270 se pueden beneficiar hasta que el 95 % pase el tamiz de malla 270. Las principales impurezas son cuarzo, mica, turmalina negra, sericita y feldespato alterado y limonita finamente divididos. Los dos últimos en muy pequeña proporción.

Desde que las arcillas se presentan en estado coloidal (3) podemos establecer que las diversas propiedades estarán directamente relacionadas a las variables coloidales, tales como finura, superficie, carga eléctrica, etc., antes que a la constitución química que puede ser idéntica para dos arcillas totalmente distintas desde el punto de vista cerámico. Priman así las características físicas que dan el nombre a las distintas arcillas (por ejemplo el "Ball-clay", ver Roger's Industrial Chemistry", p. 817).

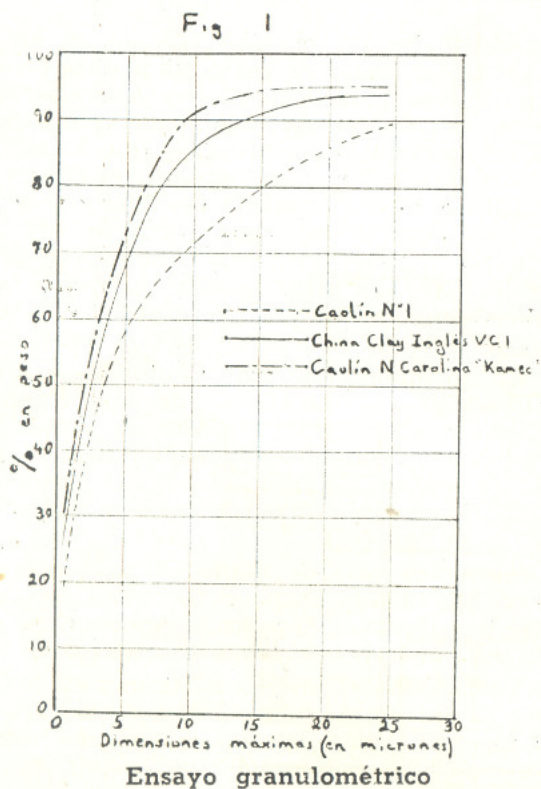
Damos aquí un análisis químico promedio, ilustrativo de los caolines paulistanos (2).

SiO <sub>2</sub>	44-47 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38-40
Pérdida al rojo	13-14 %
CaO y MgO	trazas
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	menos de 1 %
Ph	4,5-5,15
Densidad real	2,5-2,7 gr./cc.
Punto de fusión	1,780°C.

Se debería agregar a estos datos el ensayo granulométrico que da una idea más acabada de la posible utilización en cerámica.

Tenemos según (4), que los caolines brasileños allí estudiados tienen el 90 % en peso de partículas menores de 25 micrones (el china clay inglés y el caolin Kamek tienen el 90 % con un tamaño menor de 15 micrones). (Fig. 1). La distribución de tamaños es más uniforme en estos dos últimos.

La dificultad antes existente para predecir el comportamiento de una arcilla o caolin en el cocido radicaba principalmente en el desconocimiento o difícil determinación de ciertos factores coloidales sumamente importantes. El artículo de Gross (5), da un paso para predecir dicho comportamiento para el caso de arcillas para tejas y ladrillos comunes, con el auxilio de métodos standard.



Los otros dos materiales básicos, para la fabricación de pastas cerámicas, son obtenidas por la fábrica que nos ocupa, también de los alrededores de San Pablo, (el cuarzo, aunque el feldespato desde algo más lejos, en Pirituba).

De los tres materiales básicos nombrados, arcillas, cuarzo y feldespato (ortosa), son las primeras las que regularán la pureza del producto cerámico, ya que los otros dos se pueden obtener en forma muy pura. Es esta razón la que explica el hecho de que casi todos los procesos de purificación de materiales para cerámica se refieren casi exclusivamente a la mejoración de la arcilla, ya sea por métodos gravimétricos (que es el empleado en la fábrica de Santa Claudia, en pequeña escala, pues el caolin utilizado no lo precisa), o bien por los

modernos métodos de flotación (para eliminar principalmente un exceso de mica) (6) - Pág. 165. En general, para el cuarzo y el feldespato, antes que purificarlos, se prefiere buscarlo de una pureza apropiada a los fines proyectados.

El cuarzo tiene la función primordial de modificar la plasticidad de las arcillas, disminuyéndola, aunque un grado grande de plasticidad, si bien favorece la manipulación de la pasta, provoca un aumento paralelo de la contracción y distorsión en el secado.

Las diversas variedades de cuarzo utilizadas, dependerán del objetivo perseguido. Encontraremos así el cuarzo hialino en las porcelanas duras, el silex en la loza fina, las arenas cuarzosas en la loza más común, etc. Con la misma finalidad que el cuarzo, pero con la ventaja de no modificar para nada la proporción de materiales básicos que formarán el esqueleto de la pieza, es que se utiliza la "chamota", (nombre que se le da a la arcilla cocida o restos de producción anterior) para disminuir la plasticidad de la pasta (7).

El feldespato potásico (ortosa) es el que más se emplea como fundente suave, aunque como también disminuye la plasticidad de la arcilla, se le debe estudiar bajo estos dos aspectos. La pegmatita suele emplearse también, presentando la ventaja de tener una menor cantidad de metales alcalinos.

Los granitos descompuestos, conocidos en Inglaterra, bajo el nombre de "Cornish Stones" o bien de "Cornwall Stones" (8), son más fáciles de triturar a partículas muy finas, y son por lo tanto muy utilizados en la fabricación de loza fina.

(Una lista de los principales fundentes secundarios puede encontrarse en Shreve op. cit. pág. 166).

Luego de esta primera parte, que trata de los materiales utilizados en la industria cerámica, en particular en territorio brasileño y tomando como ejemplo la fábrica visitada de Santa Claudia, en San Caetano, estado de San Pablo, pasaremos a detallar los diversos procesos y operaciones que sufre dicha materia prima en la fábrica mencionada, que con ligeras variantes pueden tomarse como típicos en la industria de la loza.

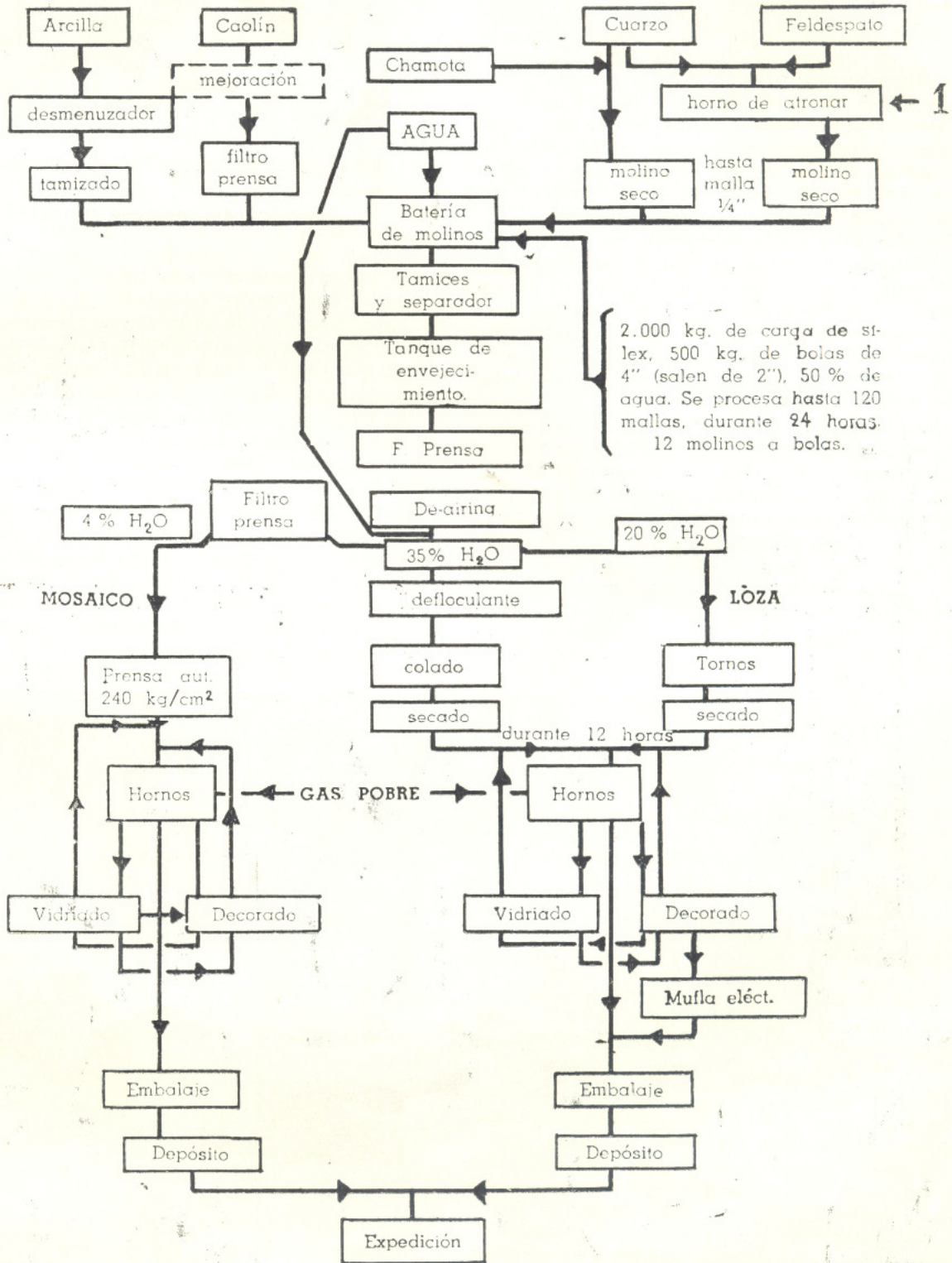
En la primera etapa del proceso encontramos el horno para atronar (marcado 1 en el Flow-sheet) cuyo fin es calcinar el material para facilitar su trituración y molido posterior. En el caso del cuarzo este atronado produce grietas y rajaduras en el material debido a las variaciones grandes de volumen que sufre al calentarse. Por demás, el mineral rojo es enfriado bruscamente a la salida del horno.

El molido principal se realiza, en la palnta de Santa Claudia, en una batería de 12 molinos rotatorios, húmedos, a bolas de silex. Estos doce molinos dispuestos en dos hileras de 6, en un primer piso, descargan el material que baja por gravitación a través de tamices fluyendo luego con pequeño declive por el separador magnético hasta entrar al tanque de estacionamiento. Este tanque está continuamente agitado a motor para mantener la homogeneidad del producto.

Pasa luego por el deareador (después del filtro prensa) que es un aparato que reduce grandemente el tiempo de envejecimiento, (que podía llegar a ser de generaciones en China) y le saca el aire (9).

El producto con un 4% de agua va directamente a una prensa automática de mosaicos. Funciona aproximadamente a razón de 60 mosaicos por minuto, prensándolos dos veces, la primera para sacarle el aire y la segunda llevándolo a una presión

Flow-sheet



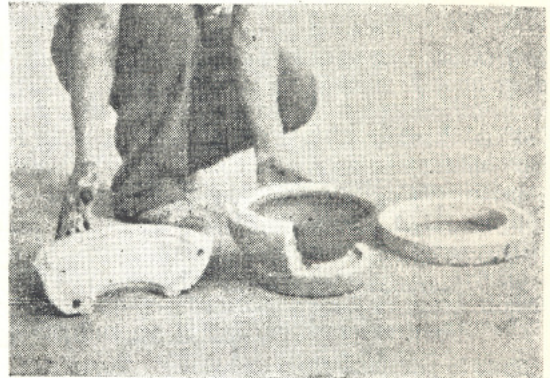
de 240 kilos por centímetro cuadrado. El primer golpe también tiene por efecto reducir las tensiones internas a que luego pudiera quedar sometido el producto. A la salida de la prensa un dispositivo automático le quita la rebarba a la baldosa. Ya lista para el horno es colocada dentro de una caja de arcilla refractaria, sin tapa, ya que ellas, colocadas una encima de la otra, en la vagoneta del horno túnel obran como tapas sobre las que están debajo. Hacemos notar sin embargo que el cierre no debe ser hermético, y de hecho se deja un espacio al colocarlas levemente desalineadas. Estas cajas tienen aproximadamente 45 centímetros de largo por 20 de ancho y 25 de hondo, en su parte interna. Construidas de "fireclay" tienen paredes de 2 cms. Una vez en sus cajas los mosaicos son transportados por aerocarril.

La mixtura con más agua (20 %) pasa a la sala de moldeo por "jiggers" de diversos tipos. La masa plástica preparada por un ayudante es puesta sobre el plato giratorio de yeso aplastada por el operario y luego perfilada. El plato, es así moldeado, dado vuelta. Las fuentes ovaladas son moldeadas de manera similar pero el molde de yeso gira en ellas excéntrico. Las tazas, moldeadas así y secadas sin asa; luego se les agrega ésta, pegándoselas.

Los platos con su correspondiente molde de yeso, son secados en un salón amplio. El yeso absorbe parte del agua siendo evaporada el resto, al secarse el plato "cruído" (Green ware) se contrae, despegándose del molde. Este salón, situado sobre los hornos túnel, recibe el calor perdido por ellos, siendo además calentado por conductos de aire caliente. El secado dura unas 12 horas.

El capital inmovilizado de esta manera es apreciable ya que representa el valor de 15.000 piezas. La industria moderna realiza en la actualidad ensayos con radiaciones infrarrojas que reducen el tiempo a minutos, secando además con mayor uniformidad, según parece, debido a que el secado se realiza cuando todavía hay cantidad de agua en el interior del moldeado. Para eliminar las unidades rajadas una operaria pinta las piezas con kerosene. Aquellas que están rajadas lo denotan marcando la rajadura con mayor intensidad.

Con mayor porcentaje de agua (35 %) se realiza el colado. En esta etapa el producto es fluido y puede ser vertido en moldes. A la mezcla cerámica se le agrega en esta etapa un defloculante, en este caso silicato de sodio hasta el 3 %. Los moldes de yeso están hechos con granos muy finos (Aprox. menor a igual al de la mezcla) y producto muy puro. El molde de yeso absorbe el agua de la mezcla precipitando la pasta contra él. De esta ma-



Muestra del proceso porcelado

nera, cuanto más tiempo está en el molde más espesor tiene, dentro de ciertos límites, claro está. Es imprescindible la pureza del yeso ya que de lo contrario, el poder absorbente es distinto y el producto terminado no tendrá espesor uniforme. El sobrante, aun líquido, se vuelca. El molde se desarma, como se ve en la figura, se le quitan las rebarbas y se seca. Los moldes de yeso, una vez saturados, con algunas horas de exposición al aire están prontos para ser usados nuevamente.

Los hornos (4 de 150 mts. de largo) están contruidos de ladrillos refractarios importados, en la zona de fuego (1350°C) y brasileños en el resto. La zona de fuego es fija, circulando el material en vagonetas cuya base está aislada por un cierre de arena. No llegando más que un pequeñísimo calor a las ruedas. Los hornos en sí, están recubiertos en



Sala de decorado a mano

su parte exterior por amianto corrugado. La pieza tarda 72 horas en recorrer el horno, permaneciendo a 1350°C durante 1.70 mts. Según se nos dijo el material tarda lo mismo en alcanzar la máxima temperatura, que en enfriarse.

La calefacción del horno es efectuada por la combustión del gas pobre generado por una batería de 2 gasógenos que generan, juntos, un total de 4 millones de calorías por hora, quemando una mezcla de carbón de leña y carbón mineral.

A pesar de la gran diferencia entre los poderes caloríficos del gas pobre y el gas de carbón (1.000 calorías p/mt<sup>3</sup> para el primero y 5.000 calorías p/mt<sup>3</sup> para el segundo), se prefiere el gas pobre, aun frente al petróleo, pues en esta forma se elimina el enorme peligro del azufre, que cuando aparece en los gases puede ennegrecer la porcelana (a veces la vuelve amarilla). Se afirma que la mejor calidad y pureza de las porcelanas obtenidas, compensa fácilmente el mayor costo que resulta de la utilización de este combustible. Como detalle que vale la pena mencionar, y que da una idea del volumen de gases eliminados, tenemos que la chimenea tiene 74 mts. de altura, siendo la más alta de San Pablo.

El empleo del gas, en lugar del carbón antiguamente utilizado, además de eliminar el azufre y de no dejar residuo de combustión alguna, tiene la enorme ventaja de dar una combustión perfectamente controlable, condición imprescindible para una cocción bien llevada (ventaja que disminuye muy ligeramente, en el caso de hornos con fuego fijo y material móvil).

Según surge del flow-sheet, el bizcocho pasa luego al vidriado o esmaltado. En la fábrica visitada este proceso se realizaba por el método de inmersión (dipping) de la pieza en una suspensión de lo que iba a ser el esmalte. Este método, que aparentemente es sumamente sencillo, requiere gran destreza por parte del operario, pues cualquier estacionamiento dentro del baño deja el objeto marcado. Utilizase además el método de pulverización (spraying) o el pintado sencillo, pero en pequeña escala.

La composición de esmalte o vidriado es muy semejante a la del bizcocho, pero tiene además una cierta cantidad de fundentes que rebajan el punto de fusión del material hasta formar un vidrio casi transparente. Pero no alcanza con rebajar el punto de fusión, sino que es imprescindible, además, que el producto (a veces llamado vidrio) producido

tenga un coeficiente de contracción muy semejante al del bizcocho, debiendo tener también gran adherencia. Si no se tiene en cuenta esta condición se obtendrá una porcelana que se descascara (cuando el esmalte se contrae menos) o que se raja finalmente en el caso inverso. Este "defecto" cuando se realiza a propósito (se llama entonces "craquellé" o "atruchado") provoca efectos sorprendentes que realzan el valor de la pieza como en el caso de algunas porcelanas chinas.

En el vidriado llamado blando aparece principalmente el plomo, realizándose el vidriado a una temperatura que oscila alrededor de los 1.000°C. Los esmaltes duros, por el contrario, no tienen plomo y se cuecen por encima de los 1.200°C. En este último caso se emplea el cuarzo, feldespato y caolin, y como fundente, principalmente el borax (8) pág. 104. et seq.).

El decorado se realiza en Santa Claudia, en las dos formas posibles, debajo del vidriado o encima del mismo. Dependerá entonces del proceso a seguir el tipo de decorado a utilizar, o más propiamente el decorado es el que fija el proceso. En esta fábrica se realizaba la calcomanía y la decalcomanía exclusivamente sobre el vidriado. Los productos decorados pasan entonces al cocido que se realiza en hornos muflas eléctricos. Los colores son producidos por la reacción de los óxidos metálicos sobre los silicatos del esmalte duro produciéndose entonces un vidrio coloreado en azul para el cobalto, verde para el cromo y el cobre y marrón para el manganeso y el hierro, etc. Los esmaltes blandos en general admiten una mayor variación de colores que los esmaltes duros.

El producto elaborado se clasifica en esta fábrica en tres tipos, según su calidad, aunque de idéntica constitución básica.

Finalmente tenemos el salón de embalajes y depósito de la materia elaborada, donde se encajonan los artículos terminados, para su venta, que se realiza casi enteramente en el mercado interno de Brasil.

La producción de 30.000 piezas diarias abarca principalmente la loza común, aunque se fabrica una porcelana muy buena cumpliendo pedidos particulares.

La fábrica emplea 1.800 operarios, especializados algunos en determinadas secciones (como ser: dipping, jiggers, decorado, blending, etc.).

Queremos agradecer en estas líneas finales, al Ingeniero Willy Hasche, cuya excelente disposición y amabilidad hizo sumamente instructiva la visita.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—**Luciano Barzaghi.** — Industria da Louça nos Estados Unidos. - Rev. Bras. de Q.; Ag. 1946.
- 2.—**Luciano Barzaghi.** — Caracteristicos de caolins nacionais. - Anais da Ass. de Q. do Brasil, Vol. VI, 1947.
- 3.—**Lewis, Squires and Broughton.** — Industrial Chemistry of colloidal and amorphous materials - Macmillan, 1943.
- 4.—**Benjamin Abrahao y Luciano Barzaghi.** — Analise granulometrica de caolins. - Anais da Ass. Q. do Brasil, Vol. VI, 1947.
- 5.—**Franklin J. Gross.** — Contribucao para o estudo das argillas ceramicas dos arredores da cidade de Porto Alegre. - Inst. Tec. do Rio Grande do Sul; Nº 3, 1947.
- 6.—**Shreve.** — Chemical process principles. - Mc Graw Hill, 1945.
- 7.—**Vidal y Marti.** — Tratado completo de ceramica. - T. 1. Luis Santos, Madrid, 1931.
- 8.—**H. Ansell and H. B. Searle.** — The making and burning of glazed ware. - Ed. Greville & Montgomery, London, 1924.
- 9.—**E. P. Mc. Namara.** — Ceramics. - Vol. IV. Pennsylvania State College, 1945.