



CO170
2
2ej.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ARQUITECTURA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN
DISEÑO INDUSTRIAL**

**LA ENSEÑANZA DE LOS MATERIALES Y
PROCESOS EN DISEÑO INDUSTRIAL
ESTUDIO DE UN CASO: LA CERAMICA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN DISEÑO
INDUSTRIAL**

PRESENTA

FERNANDO MARTIN JUEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA MEXICO D.F. 1987

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL.

Los materiales y los procesos en el modelo clásico de enseñanza del diseño.	1
Hacia una nueva propuesta en la enseñanza de los materiales.	6
La creatividad y los programas de estudio.	13
El taller de innovación tecnológica.	20
Manual básico para los cursos de cerámica. (vease el índice propio de esta sección, de la página 24 en adelante.)	-

LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS EN EL MODELO CLASICO DE ENSEÑANZA DEL DISEÑO.

La enseñanza de los materiales y procesos en las Escuelas de Diseño Industrial, se realiza de dos maneras: primero a través de talleres especializados en algunos materiales (metales, maderas, plásticos y cerámica) en los que el alumno realiza, durante los primeros cursos, prácticas y visitas a industrias y revisa las características, además del uso, de algunas herramientas y aplicaciones del material en cuestión; aprende las bases de la transformación de este material y se familiariza con los términos técnicos; estos cursos se complementan con el estudio de maquinarias, mecanismos y algunos cursos teóricos (posteriormente) dedicados en especial a los materiales metálicos y los plásticos. Todos los cursos suelen ser breves (no más de tres o cuatro meses). La segunda manera con la que el estudiante revisa y practica con los diversos materiales es a través de los ejercicios de diseño que realiza en otros cursos, básicamente en el taller de proyectos.

En el primer caso, considerando que la institución cuente con equipo suficiente y apropiado para la práctica de los materiales, lo mejor que puede ocurrir es que el alumno llegue a comprender el uso y manejo de los equipos instalados, aprenda algo sobre la variedad de los materiales existentes y, si los cursos se complementan con pláticas de especialistas y visitas a centros industriales, el alumno será capaz de distinguir entre procesos industriales, artesanales y escolares (aquella tecnología instalada en la escuela) además de poder señalar algunas ventajas entre el uso de un material y otro.

A través de la práctica repetida o la variedad de ejercicios realizados sobre objetos de diseño diversos, todo ello en los cursos de tecnologías, proyectos, servicio social y tesis, el alumno podrá profundizar un poco más en algunos materiales y adquirir una idea más amplia sobre los procesos y materiales, o bien una cierta especialidad en algunos de ellos; aquellos más ponderados por el tipo de objeto que suele diseñarse en las escuelas, proyectos donde el hincapié se hace en el uso y la apariencia formal o la posibilidad de realizarse en los talleres escolares, o bien, proyectos basados en las demandas más comunes del mercado nacional: mobiliario, electrodomésticos y otros donde la imposibilidad inmediata de su construcción hace que se desatenda la tecnología para realizarlos y el uso adecuado de los materiales utilizados.

En cualquiera de los casos mencionados la enseñanza de los materiales y sus procesos de transformación se hace accidentada

y nunca a profundidad. Esto en un proceso organizado de enseñanza no es correcto si se pretende formar especialistas y no tan sólo aficionados a un conocimiento más aún si estamos de acuerdo en que un proyecto de diseño puede crear un objeto atractivo y funcional sólo si ese proyecto es realmente posible de ser fabricado.

El diagnóstico de la situación actual en la enseñanza de los materiales y procesos nos conduce hacia algunos problemas que son producto de la idea que se tiene de la profesión del Diseño industrial y de los objetivos de la Institución académica del Diseño.

La ausencia en México de un modelo de desarrollo económico sólido y, en consecuencia, la inestabilidad de la planta industrial, las objeciones al servicio de profesionales mexicanos en algunas áreas de la producción por parte de la industria y el comercio transnacionales y la carencia de proyectos y planificación a largo plazo en los centros de desarrollo industrial y de servicio en el país, provocan, entre otras cosas, la descalificación de muchos proyectos en las áreas de producción que están en manos de empresas extranjeras, la subutilización de los servicios del profesional en las plantas productivas nacionales, el empleo eventual, el trabajo a disgusto y bajo presiones burocráticas, en fin, toda una serie de secuelas que desalientan y no logran orientar la práctica profesional, y en consecuencia, producen la ausencia de un modelo académico claro en sus objetivos y consecuente con sus recursos.

El modelo clásico de la enseñanza del diseño en México, creado hace ya por lo menos veinte años, se insertó, de modo inconsciente tal vez, en el proyecto de desarrollo de los años cincuenta promovido por los EEUU para nuestras Naciones empobrecidas: préstamos millonarios para la industrialización de ciertos sectores estratégicos de la producción de energéticos y de la infraestructura de servicios para la creación de centros industriales dedicados a la importación de equipos, accesorios y capitales, y la exportación de materias primas y algunos bienes intermedios; la protección de una industria nacional de complementos y accesorios, de bienes de consumo duradero suntuarios o básicos (no de herramientas y equipos para el desarrollo independiente); apoyos financieros a industria y comercio de satisfactores de la clase media, y por cierto, el apoyo al desarrollo de esta clase social que lograría soportar políticamente el equilibrio entre un grupo cada vez más rico y una enorme masa de trabajadores sobreexplotados. Lo que el modelo de desarrollo imperialista y el capitalismo monopolista de estado mexicano produjeron fué,

entre algunas cosas que nos incumben: industriales temerosos de perder sus ganancias y arriesgar en proyectos novedosos y a largo plazo, desequilibrios constantes en el comercio de bienes, una creciente dependencia al capital financiero y la industria extranjera, violaciones y mayores presiones a los derechos humanos, entre ellos, el desarrollo de una conciencia social ideologizada al bando de las virtudes y gustos extranjeros en una clase media con aspiraciones y proyectos individuales que, para efectos de nuestro estudio, provocó profesionales y escuelas de clase media y pequeña burguesía, con su ideología y sus modalidades de trabajo, sus gustos y limitaciones.

El Diseño industrial, como profesión surgida en estas condiciones, se matizó con el estilo de la clase media y sus pretensiones, se hizo proclive al gusto y el estilo formal extranjerizantes, subvaloró lo nacional como curiosidad o como trabajo de ornamentación artesanal, aspiró a grandes proyectos o ideas que no siendo posibles de realizarse, se valoraron por lo atrevidas en el papel, y se culpó a la planta industrial de no comprender nuestra actividad renovadora y dueña de la solución a todos los problemas de forma y función para el objeto; no faltó tampoco la idea de que otros harían por nosotros lo que en el proyecto estuviera mal resuelto o incompleto, que sería tarea de un equipo en el que el diseñador aportaría las propuestas generales y otros las soluciones específicas.

El modelo clásico de enseñanza del diseño, no fué con dificultad sometido a las aspiraciones de alumnos y profesores con esta ideología y pertenecientes o aspirantes a esta clase social. El modelo en sí, repetido luego en todas las escuelas con más o menos variantes, es un plan de estudio difícil de ser cabalmente cumplido. No, por supuesto, en lo que respecta a los contenidos limitados que en cada curso se tienen que impartir, si no difícil de cumplir en sus objetivos globales.

Pero cuidado, el problema no es en sí lo pretensioso del programa, o su riqueza, su extensión, su dificultad en muchas ocasiones para cumplirlo por falta de profesores o presupuestos, su variadísima colección de ciencias y conocimientos. NO; su problema fundamental no es la amplitud si no la traducción que, en la práctica, se da al modelo de enseñanza del Diseño, traducción que está determinada por las condiciones de la academia y la profesión, de la Educación y la planeación económica e industrial del país; interpretación que responde a los intereses de una clase y a la situación de crisis generalizada. Esto significa que el modelo académico se

acomoda a las limitaciones que definen los protagonistas del modelo económico aceptado, sin reconocer que existen prácticas y posibilidades alternativas en el espacio social y productivo del País.

Necesitamos recrear el modelo de enseñanza de manera que sea capaz de generar una práctica sólida y realista de la enseñanza en base a una concepción del profesional del diseño distinta: un profesional ubicado en las limitaciones actuales y en la perspectiva del porvenir de una Nación diferente. Un profesional del Diseño culto y especializado, claro y dueño de los conocimientos necesarios para crear a cabalidad objetos útiles y realizables.

Para esta enorme tarea contamos con la experiencia y el equipo necesarios; años de trabajo académico han formado profesores que, a pesar de las limitaciones, son capaces de conducir prácticas ricas de diseño; tenemos alumnos con gran interés por la carrera; nos faltan la autocrítica, los métodos científicos para desentrañar la apariencia de las cosas y comprender su naturaleza. Nuestra profesión debe dejar de ser una práctica aislada de la planeación industrial, una barca en el océano, aislada y frágil. Nuestro profesional debe ser capaz no sólo de manejar parámetros de funcionalidad, apariencias estéticas y alternativas en el papel; debe conocer los materiales y sus posibilidades de transformación de modo que pueda producir objetos reales. De este modo el diseñador podrá mostrar mayor calificación y tendrá más ingerencia en la industria y su porvenir.

El propósito de este trabajo es elaborar, para un área de la enseñanza del diseño industrial, la de los materiales cerámicos, un guión que conduzca al conocimiento de estos y a la creación de productos. Pretende este trabajo ser un espacio de reflexión sobre las preguntas que en la academia surgen sobre el qué y cómo enseñar. Su contenido es un complemento al trabajo de tesis de posgrados que realicé en la Maestría en Enseñanza Superior: 'La creación de la Escuela de Diseño Industrial / planes y programas', y es una aportación a los cursos del área de Materiales y Procesos de nuestra Maestría en Diseño Industrial.

Este trabajo está dirigido a los estudiantes de la Licenciatura y sus profesores. Pretende, al ofrecer una visión más amplia y detallada sobre los materiales cerámicos, preparar al estudiante en el manejo racional de los equipos y herramientas, además de ofrecer una guía en la aplicación y el uso de la Cerámica industrial y artesanal.

A través de comentarios sobre el proceso de enseñanza y otros temas relativos a la cátedra en el taller de materiales, este trabajo pretende indicar alternativas para plantear y desarrollar los cursos del Área tecnológica. Tal vez por este medio podremos darle a nuestras escuelas un carácter más racional, aportando guiones de estudio que contemplen a cabalidad las posibilidades técnicas de un material y nos indiquen cuáles son los productos y cuáles los materiales más apropiados para nuestras necesidades y la industria nacional.

HACIA UNA NUEVA PROPUESTA EN LA ENSEÑANZA DE LOS MATERIALES.

La inteligencia afirma su existencia cuando se aplica lo aprendido. El conocimiento es más que una acumulación de información, es la posibilidad de interpretar y transformar el medio que nos rodea para cumplir un propósito que satisfaga nuestra existencia. Aprendemos lo que nos llama la atención, bien sea por que se trata de un problema que se interioriza al identificar su naturaleza e importancia con nuestra cultura y necesidades, o bien por disciplina y confianza en la aplicación posterior, lo que significa acumular elementos en apariencia inconexos pero que a la postre serán utilizados en conjugación con nuevos informes. Las ideas son esto precisamente, la correlación de informes, datos, conocimientos que se utilizan combinados con otros conocimientos producto de la experiencia y el aprendizaje y que se desarrollan para darle solución a un problema que nos plantea el medio.

No obstante la acumulación de conocimientos durante los largos años de aprendizaje escolarizado, a veces estos no encuentran aplicación, correlaciones con nuevas informaciones, utilidad al generar ideas y propuestas; ello causa una inútil apropiación de conocimiento y una frustrante incomprensión del sentido de la naturaleza y la cultura próximas; todo ello producto del vicio de memorizar y reunir conocimientos que posponen hasta muy tarde su aplicación. También ocurre, y no es menos frustrante, el ignorar aquello que en ese momento sería útil conocer pues respondería a la inquietud y necesidad de conocimiento presentes. Estos son problemas comunes en la naturaleza misma del proceso escolarizado; sistema que, si bien organiza el aprendizaje por etapas y a un ritmo definido, es proclive a desatender las necesidades personales en busca de homogeneidad, y a olvidar que la vida diaria plantea necesidades e inquietudes definidas por una cultura y un medio cambiantes.

Todo esto es más notable cuanto mayor es el grado académico y mayores las preferencias y las necesidades sociales del individuo. Más, diríamos, cuanto que la especialidad de una profesión debe guiarse por las necesidades sociales, siempre novedosas, y las inquietudes del estudiante, ya individuo maduro y con inclinaciones definidas hacia ciertas ideas de su papel social.

Todo esto significa, en síntesis, que si buscamos formar profesionales útiles, debemos hacer de los conocimientos que se le imparten, elementos capaces de generar ideas aplicables,

útiles para interpretar y transformar el medio; ideas y conocimientos que satisfagan las preguntas del alumno y no las viejas cuestiones de la academia o los intereses del profesor.

En el estudiante de Diseño industrial es común encontrar inquietudes que van en sentido inverso a los propósitos del futuro empleador, el industrial. Esto no significa que las inquietudes del estudiante nieguen el sentido correcto de la profesión; sólo significa que el estudiante aprenderá y llegará a comprender los intereses del empleador por una vía distinta a la que aplicaríamos si el industrial determinara las prioridades en la enseñanza del diseño. El ejemplo más claro es el siguiente: para el industrial, y en función de sus necesidades, el orden lógico de aproximación para resolver un diseño es partir del material con que se cuenta, luego del proceso o tecnología con que se dispone y finalmente el producto o diseño en sí. Para el estudiante, la aproximación es en sentido inverso y así sus inquietudes y disposición al estudio responden en este sentido: primero el diseño, sus variantes, sus posibilidades funcionales, las formales y su utilidad, después tecnologías de construcción y materiales.

Esta aparente contradicción es el primer problema a resolver relativo a la enseñanza de los materiales en nuestras escuelas. Si imponemos al estudiante el aprendizaje de un material y una tecnología lejanos de una aplicación concreta, no lograremos más que exhibir en abstracto el uso de una técnica sin aplicación aparente en problemas reales o, al menos, en problemas que llamarían la atención del estudiante. Por ello es imprescindible que la aproximación al conocimiento de los materiales se haga desde la perspectiva de solucionar objetos, máquinas y problemas en los que el estudiante esté convencido de su importancia, en los que las necesidades se interioricen como propias.

Para lograr una cabal comprensión de una necesidad, y con ello que el alumno pueda generar ideas a partir de conocimientos específicos, es fundamental mostrar al estudiante el grado de solución en que se encuentra un producto determinado; es decir, las distintas formas como se ha resuelto un problema, sus limitaciones, sus avances comparados con otros objetos equivalentes; sobre todo, exponer las razones por las que la solución es esa y no otra. Sólo después de esto será posible mostrar el problema como una necesidad real, y no al contrario, planteando la necesidad sin demostrar a cabalidad porqué lo es. De este modo el estudiante se familiariza con el problema, se inclina hacia él, se esfuerza por idear una mejor solución e invierte su tiempo en aprender cómo resolverla.

Otro problema común en la enseñanza de los materiales, es la separación de estos en talleres especializados durante los primeros semestres, siendo que los materiales tienen procesos en común que los familiarizan y hacen más fácil su comprensión. Al separar los talleres surgen predilecciones para resolver, a pesar de que pudiera ser incorrecto, un diseño con cierto material; también ocurre que al no hacerse conciencia de las limitaciones y las posibilidades de ciertas tecnologías que les son comunes o al menos similares, se confunden las aplicaciones de ciertas técnicas y se limitan las posibilidades del material. Si durante los primeros semestres el alumno asiste al taller para comprender, por ejemplo, que los procesos de moldeo son muy similares en los plásticos, el vidrio, la cerámica y la fundición de metales, el estudiante podrá, con mayor facilidad, resolver sin confusión ni prejuicios, productos que implican el uso de los moldes con una visión amplia de las posibilidades de cada material y con la posibilidad de interpolar tecnologías similares. El caso es el mismo para los procesos de devastado con torno, fresa, etc., en metales, maderas o plásticos; los procesos de dimensionamiento, unión e inclusive terminados de muchos materiales que comparten técnicas similares.

Así pues, debemos encontrar los elementos comunes para todos los materiales, organizar los procesos globales en grupos comunes, y dar así a los talleres básicos de la licenciatura, el carácter de una introducción general a los materiales a través de los procesos y no al contrario.

Independientemente de resolver los puntos anteriores, persiste la necesidad de definir con claridad los fines en el proceso educativo; para ello, y para organizar la didáctica de los cursos, es necesario responder con claridad a las siguientes cuestiones:

1.- ¿QUE tiene que saber el estudiante? Es decir, cuáles son los objetivos del curso, sus metas, sus fines. Esta difícil y fundamental pregunta debe encontrar respuesta en el equilibrio de intereses en los objetivos de los tres protagonistas del proceso educativo: Los que define la institución, aquellos que determina el profesor y los que el estudiante solicita. Los últimos corresponden a una expectativa a veces no explicitada; los dos primeros, suelen ser formalmente expuestos a través del plan de estudios y el programa de la materia. Los que la Institución programa en su plan de estudios original, y que sirven para aprobar y hechar a andar una carrera, suelen ser demasiado generales y, en ocasiones, son rebasados por la práctica académica; no obstante son los más indicados para tener una idea más completa del proyecto global de la academia; para descubrir las interrelaciones entre niveles y cursos

distintos; son (y por ello es imprescindible su consulta) los que contienen la visión original de los alcances de cada asignatura en función de las asignaturas restantes; son, o debían ser, por ello, el único indicador objetivo de la extensión y la complejidad de cada curso. Lamentablemente, ni profesores ni alumnos los conocen y analizan con la debida oportunidad.

Los objetivos y finalidades definidos por el profesor suelen ser los notables, aquellos que determinan el rumbo de la asignatura; si bien es natural que la autoridad recaiga en el responsable de la materia, no necesariamente esta responsabilidad tiene que ser reservada, sin compartirla con alumnos y el resto de la academia. Los objetivos, y con ellos los mecanismos de evaluación que el profesor determina, son producto de su experiencia profesional y docente, la limitación en alguna de estas dos áreas se proyecta en la cátedra y tiene que ser subsanada con el apoyo de la academia. Es importante también que el profesor no pretenda hacer del alumno un especialista en su asignatura a cambio de subestimar otros cursos y otros niveles. El docente debe de guiar su curso en base a objetivos generales y objetivos parciales; los primeros son la meta ideal y deben contemplar las bases completas del conocimiento de un área; los objetivos parciales tienen que ser las partes divisibles de un área de conocimiento capaces de ser aisladas y revisadas a profundidad. Esta división permite cubrir paso a paso unidades completas de conocimiento y dejar abierta la posibilidad de no alcanzar los objetivos generales que cubren todas las unidades temáticas, caso por demás común cuando el ritmo de los alumnos es desigual o los semestres se 'acortan' por diversas razones.

Finalmente, y para dar respuesta a la pregunta de qué tiene que saber el alumno, es importante percibir en el transcurso de los cursos previos y el avance de la asignatura en cuestión, cuáles son los deseos y las necesidades, los afanes y las inclinaciones del alumnado. Explicitar qué es lo que llama la atención del alumnado, e incluirlo en las variantes que curso a curso deben de darse en una asignatura, es darle frescura a los cursos, renovarlos en la dirección que los nuevos problemas e inquietudes de cada generación señalan. Esto significa plantearle al estudiante el horizonte posible de conocimientos de la asignatura y permitir que se definan los problemas por analizar en el curso, en base a los casos que le llaman la atención. Esto no significa desatender o eliminar ciertas unidades temáticas; lo que implica es tratar cada unidad temática con los ejemplos y extrapolaciones, con las prácticas y los objetos de transformación que llaman la atención del alumnado.

En fin, determinar los objetivos, los alcances del curso, los temas y conocimientos que el alumno habrá de alcanzar, es

tarea determinante para el éxito del curso y se obtienen de conjugar los elementos descritos. No hacerlo conduce al abandono de los proyectos globales de la institución, a la cátedra en abstracto, subjetiva, aburrida y, lo peor, hace del proceso de aprendizaje, una colección de conocimientos sin aplicación concreta y clara.

2.- La segunda cuestión por responder en la planeación académica y el desarrollo didáctico de los cursos es: ¿CÓMO Y DONDE el alumno aprenderá?

Es decir, qué medios, qué prácticas y ejercicios, qué tareas de estudio se realizarán y dónde. La definición de las actividades, los medios y los espacios donde habrá de realizarse el aprendizaje a través del estudio o la práctica y la observación, depende de los objetivos arriba discutidos; sólo teniendo claro qué enseñar, sabremos cómo enseñarlo.

Muchas actividades prácticas y, sobre todo, la transformación de los materiales en objetos útiles, la observación de procesos tecnológicos en los centros fabriles y la reflexión sobre lo hecho son, para el aprendizaje de los materiales, el venero principal de conocimiento. Sin embargo, el estudio teórico y la discusión sobre alternativas a partir de experiencias o tesis diversas, es imprescindible si pretendemos superar el estado actual de las cosas, el modo clásico de hacer algo, las técnicas y productos existentes. Por ello, la práctica y los ejercicios del taller, junto a la reflexión teórica y el estudio especializado de nuevas alternativas y técnicas, es el único camino para despertar el interés en el conocimiento y, potencialmente, desarrollar nuevas posibilidades.

Estaremos de acuerdo en que parece obvio y necesario lo anterior, no obstante es poco común encontrar los espacios escolares y las actividades que nos permitan cubrir estas necesidades fundamentales. Muchas veces, la ausencia de lo teórico o lo práctico es producto de la falta de medios escolares y la ignorancia sobre ciertos temas por parte del profesor; esta no es excusa real si queremos superar nuestra academia. Ante la falta de ciertos equipos pueden construirse simuladores y modelos, se pueden visitar centros productivos e, inclusive, se puede trabajar en algunos de ellos. Ante la falta de conocimientos y alternativas, de nuevas ideas y medios para hacer de la clase teórica un espacio atractivo y útil, existen especialistas, textos y suficientes necesidades como para no agotar el espíritu de búsqueda y estudio. Lo que suele faltarnos es planeación, conocer cómo es mejor enseñar algo, cómo hacerlo ameno, instructivo y parte de nuestro programa. Para ello no existe fórmula alguna si no existen objetivos claros en el curso (el punto número uno que arriba anotáramos); sin embargo, si los fines y alcances del curso están definidos,

entonces determinar las actividades y cómo y dónde se realizarán, consiste solamente en hacer una separación del curso en unidades básicas de conocimiento y hacer corresponder cada una de ellas con las respuestas a cómo y dónde realizarlas.

Para cada actividad de aprendizaje existen diversos medios que es posible utilizar con los recursos que contamos, por limitados que sean, podemos disponer de, por lo menos, un modo de hacer claro el conocimiento que queremos transmitir. Si no podemos enseñar algo es por que lo desconocemos o por que no es un conocimiento necesario; despertar la necesidad en otros por una idea es tarea en la que los diversos medios didácticos colaboran; encontrar los adecuados es responsabilidad del docente.

3.- El siguiente punto por responder en el desarrollo de un proyecto académico es: ¿CUANDO y de QUIEN el alumno aprenderá?

Estas preguntas nos indicarán cómo sistematizar el curso, cómo ordenar y definir la extensión de estos en función de la dificultad y los ritmos de aprendizaje del estudiante. Junto con ello nos habrá de indicar quién enseñará qué cosa, es decir, qué recursos docentes, qué profesor, conferenciante, técnico, etc., habrá de guiarnos en el conocimiento o la práctica en cuestión.

No todos aprendemos al mismo ritmo; forzar al grupo a la velocidad de aprendizaje de un alumno es injusto. A veces, por experiencia o por entusiasmo, un estudiante asimila con mayor facilidad una idea, una práctica o un grupo de tareas complejas para otros; esta es la oportunidad de que el alumno se convierta en colaborador de la docencia y ayude a sus compañeros. Sin embargo el ritmo de aprendizaje no debe homologarse; no es necesario si las unidades temáticas son desarrolladas de manera que todos tengan la oportunidad de comprender, a través de prácticas diversas, que a fuerza de repeticiones del conocimiento por la vía de ejemplos distintos, refuercen en unos el conocimiento y a otros les permitan llegar a comprender la idea que se quiere transmitir.

Planear los cursos de manera que cada tema ocupe suficiente tiempo para discutirse o practicarse, nos permite extendernos en los ejemplos y tareas para que no quede un estudiante sin entender cabalmente un problema y todo ello de tal forma que el estudiante avanzado encuentre a su vez el medio de reforzar y encontrar otras posibilidades al conocimiento aprendido.

Es más importante, y estaremos de acuerdo todos, en que más valen pocos conocimientos bien aprendidos, que mucha información sin utilidad alguna.

Por lo que respecta a quién habrá de enseñar, vale la pena recordar que es importante la labor del responsable de la materia como coordinador del desarrollo del curso y la

evaluación, sin embargo no tiene por qué ser éste el profesor de todos los temas del curso. Es fundamental desprenderse, en la docencia, de la idea de que el profesor debe ser especialista en todos los temas del curso; habrá unidades de conocimiento que el responsable de la asignatura conoce bien y podrá enseñar a los estudiantes, pero habrá otras en las que, sin desconocerlas, no es especialista; en esos casos la invitación al curso a otros profesores y técnicos es imprescindible.

4.- Finalmente, y no de menor importancia, es la respuesta a: ¿POR QUÉ y PARA QUÉ enseñar ciertos conocimientos?

En este punto se cierra el círculo y regresamos a la pregunta inicial y base de todo proceso académico: ¿qué tenemos que enseñar?

Esto es, ¿por qué este conocimiento o práctica y no otra?. Sin duda es la cuestión más difícil de responder (por supuesto más allá de contestarla diciendo: enseño esto por que es lo que sé). Se trata de responder con honestidad: ¿para qué sirve el conocimiento que se imparte, para qué será útil al estudiante, a la cultura y al medio social donde el profesional trabajará?

En el por qué y el para qué del conocimiento está la razón del sistema escolarizado. Este debe sistematizar las ideas, la Ciencia y la Tecnología de una cultura, de una sociedad en cierto momento de su historia, para ofrecer de un modo racional los progresos y las ideas capaces de generar nuevas alternativas y soluciones a las necesidades sociales. Cuando el sistema escolarizado se estanca, se detiene por falta de una relación estrecha con los acontecimientos sociales de la cultura a que pertenece, y cuando se alisa de la realidad por efecto de restringirse a ciertas ideas o gustos, la academia se hace inflexible, obsoleta y dedicada a discernir problemas inexistentes o propuestas inaplicables. Evitar esto es nuestra responsabilidad; preguntarnos regularmente con criterio amplio, y no menor esfuerzo, de qué sirve y a quién es útil lo que enseñó y cómo lo enseñó, es la única posibilidad de hacer de un curso, un espacio de enseñanza y aprendizaje interesante y útil para todos.

LA CREATIVIDAD Y LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO.

La creatividad y los problemas relativos a ella nos interesan particularmente; se trata de una actividad común de nuestra profesión; es también un caso de estudio de muchas materias de la curricula del diseño; y es una actividad que bien comprendida nos puede ayudar a desarrollar los cursos de modo más interesante y útil para el estudiante.

Trataré, en unas pocas líneas, de revisar los hechos y elementos que le son particulares y hacen de la creatividad una actividad susceptible de ser enseñada y practicada racionalmente. Con estos elementos podremos auxiliarnos en el diseño de nuestros programas escolares y apreciaremos lo importante que es definir con claridad conocimientos y prácticas que conduzcan a una mayor facilidad en el desarrollo de la creatividad.

Antes de entrar en el tema en cuestión, vale la pena precisar, aún de manera básica, la actividad de diversas especialidades que, en parte, desarrolla el diseñador o que apoyan su trabajo; esto con el fin de ubicar con más precisión el campo de la creatividad donde el diseñador se desenvuelve.

¿Cuáles son las actividades del científico, del tecnólogo, del técnico y el tecnócrata?

El científico explica y desentraña la razón de las cosas, observando el comportamiento de los fenómenos, su apariencia y respuesta ante el medio; esta actividad la realiza aplicando los instrumentos prácticos y teóricos con que cuenta; esta tarea la hace para distinguir entre la apariencia y el fondo real sobre el que se sustenta el comportamiento de las cosas. Su conocimiento depende del desarrollo de las ideas y los instrumentos de su época, y se dirige a explicar la razón de las ideas y fenómenos que lo rodean. De su trabajo se producen nuevos conocimientos, técnicas e instrumentos que desarrollarán otros profesionales.

El tecnólogo conoce las posibilidades de uso y aplicación de los diversos elementos teóricos e instrumentales que, a través de distintos equipos, ayudan a transformar las cosas y sirven para desarrollar nuevos conocimientos; él, junto al técnico que maneja instrumentos especializados, colaboran con el científico en la selección de las técnicas para investigar la naturaleza de los fenómenos y aportan su experiencia en ciertas aplicaciones de la ciencia dedicadas a transformar, además de explicar, la naturaleza de las cosas y los fenómenos.

Por su parte, el tecnócrata administra la tecnología en ciertos sectores especializados del conocimiento para, con

ello, planificar su utilidad y productividad; planea productos y acciones específicas que limitan así las alternativas a aquellas que, en apariencia, son las mejores; el éxito de sus propuestas depende de su interacción con el técnico y el científico.

No son muy notables las diferencias entre cada uno, en la medida que todos colaboran en la interpretación y la transformación de las cosas; su especialidad radica fundamentalmente en el nivel de acción que cada uno tiene sobre diversas etapas en el desarrollo de productos y conocimientos. El diseñador se ubica cerca de las etapas de aplicación junto con el técnico y el tecnócrata; es un poco de cada una de estas esferas de la acción profesional. El diseñador se relaciona estrechamente con los técnicos de diversas áreas dedicadas al uso de técnicas para la recreación de productos útiles. La visión especializada del diseñador le permite ampliar los criterios de estos técnicos que suelen conocer algunos campos pero no la totalidad de conocimiento necesarios para definir y determinar las características de un proyecto, distinguir el mercado, las condiciones de producción y las variantes estéticas y funcionales de un objeto.

Si bien entonces la formación del diseñador implica la revisión y aprendizaje de muy variadas áreas del conocimiento que inciden en la hechura y utilidad de diversos productos, su campo está restringido a la especialidad de concebir soluciones, con tecnologías determinadas, a productos definidos socialmente como necesarios.

¿Cómo se define socialmente una necesidad? En base a la división de clases de una sociedad, su desarrollo técnico, sus particularidades culturales, la ideología dominante y los recursos con que cuenta. Recogiendo algunos comentarios al inicio de este trabajo, decía que el diseñador en nuestra Nación se caracteriza por ser estimulado por la ideología de cierta clase social (la burguesía) y por depender de condiciones accidentales en lo que respecta a la planeación de la producción y la definición de necesidades. Esta realidad debemos de asumirla como punto de partida para discutir y transformar la academia y la situación profesional del diseñador; no es una limitación, tampoco una ventaja, es concretamente la fuente de donde surgen las expectativas y el desarrollo de los cursos en las escuelas; es el material que matiza y da rumbo al modo de enseñar y la temática de estudio. Adelante veremos que las necesidades y los problemas que definen un proceso creativo pueden ser falsos, con ello el resultado termina siendo igualmente falso, o en términos prácticos, inútil. Aquí es donde la Ciencia, el científico, y el diseñador cerca de éste, deben desentrañar la apariencia de las cosas para descubrir su sentido verdadero. Por ello, y como responsabilidad social, el diseñador debe tener los

conocimientos fundamentales de diversas ciencias que le expliquen, o al menos le planteen, la necesidad de cuestionar la apariencia de las cosas y con ello encontrar la razón de las mismas.

Es, pues, en la esfera de las tecnologías y de diversas Ciencias donde la profesión del creativo del diseño se desenvuelve. Esto no hace más complejo el ámbito escolar y de estudio del diseñador; sólo nos indica la importancia y la ubicación de sus tareas. Así, al determinar algunas características del proceso creativo, podremos establecer los límites y recursos del diseñador, a la vez que podremos matizar la importancia de ciertos conocimientos que nos aproximen a las Ciencias y tecnologías que nos incumben.

La creatividad no es un proceso mecánico, lineal, idéntico en cada ocasión; sus fases y componentes se desarrollan a diversos ritmos y con distintas facilidades para unos y otros; sin embargo parecen ser comunes a todos algunas fases y también las actividades que en ellas ocurren. Algunos de estos procesos podemos explicárnoslos como característicos de la especie, otros son productos culturales, sobre todo aquellos que definen el uso de recursos y la utilidad del producto derivado. En todos los casos, desde la aparentemente sencilla tarea del ama de casa para crear formas con las que resolver el trabajo cotidiano en el hogar, hasta las complejas responsabilidades del científico en el laboratorio y el planeador de la economía de una Nación, el proceso creativo pasa por etapas e incluye procesos similares. La creatividad como proceso se compone de tres grandes actividades que son:

- A) El aprender o adquirir la información.
- B) El manipular y transformarla en nuevas ideas.
- y C) El comunicarla con claridad.

La fase inicial incluye las actividades de recoger, de adquirir o tomar de la experiencia la información y organizar ésta de un modo útil para el propósito de relacionarla con otros conocimientos.

Es evidente aquí la necesidad de poseer instrumentos y diferentes herramientas de estudio y acopio de la información, las técnicas más eficientes de investigación, la sistematización de los datos y los diversos métodos de organización y selección de la información. Sin estos instrumentos de trabajo sería imposible superar y proponer nuevas alternativas a viejos problemas; sin medios para conocer de qué manera se resuelve un problema y cuántas propuestas existen para resolverlo, sólo se repetirían las soluciones y no se crearían nuevos proyectos.

Es, pues, requisito previo para todo proceso creativo, un conocimiento y un modo de apropiarse de éste. La experiencia diaria, lo aprendido a través del trabajo cotidiano y, sobre todo por su riqueza y extensión, lo aprendido a través del sistema escolarizado, es lo que nos aproxima a tener una mejor idea del estado del conocimiento en cierta actividad humana. Pero no es suficiente el conocimiento especializado; cuanto más rico sea el nivel de información sobre una serie de problemas equivalentes y sobre el estado del conocimiento en áreas diversas, el panorama de alternativas para resolver una cuestión se amplía. Una especialización y una amplia cultura son las condiciones propicias para el desarrollo del proceso creativo. Cabe aquí recordar que entendemos por especialización el conocimiento amplio de los recursos y diversos medios para realizar una tarea; y cultura como la comprensión de los hábitos, las prácticas y el desarrollo de las ideas en el medio social donde vivimos. Cuanto más universales, ricas y contemporáneas sean las ideas y el conocimiento especializado y la cultura, más propicias serán las creaciones a cubrir necesidades y resolver problemas reales con calidad.

A los estudiantes de profesiones dedicadas a innovar, es importante enseñarles técnicas de investigación y organización de la información; pero también es importante ampliar su cultura en todos los aspectos. Sólo quien conoce cómo se resuelven problemas diversos, y cuáles son las limitaciones y recursos para solucionar un problema específico, está capacitado para innovar de manera eficaz.

La segunda fase en el proceso creativo, la de manipulación y transformación de los datos, las ideas y los recursos en una nueva modalidad de uso y solución, incluye los procesos más complejos y aún difíciles de explicar en el proceso creativo. Es aquí donde actúan la fantasía, el imaginar y ver lo que aún no existe, lo que es probable y puede ser factible de realizarse. También aquí es cuando la combinación de diversas ideas ocurre; cuando se intercambian propuestas de un modo y otro de hacer las cosas y se conjugan en un nuevo modo de hacerlas; es en esta fase cuando se interpolan elementos de una idea con otra. Es evidente pues, que cuanto más rica sea la información, más posibilidades de interpolaciones existirán. Muchos inventos no son más que la mezcla de una solución para un problema junto a la solución de otro, en apariencia muy diferente.

La dificultad para muchos en esta etapa, reside en la falta de costumbre de imaginar y combinar ideas aún no concretas. Un medio social represivo, poco imaginativo y en crisis de proyectos y alternativas, propicia una educación también represiva y limitante que forma individuos poco reflexivos, reproductores y conservadores del estado de cosas, temerosos de

usar su imaginación abiertamente, y poco propensos a la fantasía creativa y abierta. Esto es producto también del control social que ciertas minorías hacen del conocimiento, fragmentándolo, ocultándolo o desviando al estudiante de las preguntas y las respuestas necesarias para explicarle la razón de ser de las cosas y su existencia; lo que convierte al estudiante en un individuo conformista y limitado a realizar las tareas que se le destinan sin cuestionarlas, sin preguntarse si no existen otras posibilidades mejores, otras alternativas.

Es necesario el propiciar en la educación del creativo la búsqueda de nuevas alternativas a problemas reales; ejercitarlo en la fantasía y la imaginación de objetos y proyectos que sólo existen en ideas, pero que pueden ser modelados en la mente con los recursos y limitaciones concretas que la realidad nos permite imaginar. Para ello es imprescindible mostrar el poder de la imaginación como producto de las necesidades sociales y no como mero ejercicio gratuito de fantasía; es necesario anclar lo irreal a lo posible, dándole a lo posible un espacio para existir en la imaginación como producto de una necesidad que puede hallar nuevas soluciones a problemas reales. Ejercitar la capacidad de interpolar ideas, es simplemente permitir al individuo conocer y combinar soluciones diversas a problemas aparentemente distintos; es guiar al estudiante por el camino de la fantasía proponiéndole caminos diversos para resolver un problema, y dejándolo decidir las combinaciones posibles.

Manejar la información y luego combinarla en nuevas alternativas no es suficiente para completar el proceso creativo, es necesario cubrir una tercera fase que consiste en saber comunicar con claridad la idea o proyecto creados. Para ello, el especialista ha de aprender a expresarse con los medios diversos que su cultura y el grado de avance de ésta le permiten. El estudiante de diseño debe hacer del dibujo, la fotografía, la construcción de prototipos y el lenguaje escrito junto con una clara expresión verbal, sus medios de comunicación de las ideas desarrolladas. Cuando el creativo piensa algo pero no lo puede expresar, es señal de que sus ideas no están muy claras o de que no tiene las herramientas de la comunicación afinadas para hacerlo. A veces desatendemos en la formación del estudiante este aspecto tan importante, y lo hacemos pues pensamos que es bastante con que un creativo sea muy ingenioso y capaz de dibujar un plano de su proyecto; esto no es correcto y el profesional paga con el tiempo el precio de estar limitado en esta fase de la actividad creativa.

En síntesis, estar informado, ser capaz de imaginar nuevas combinaciones y saberlas expresar, constituyen globalmente las

características de cualquier proceso creativo. Sin embargo si no existe una necesidad, un problema por resolver, sólo tenemos una capacidad latente, un instrumento sin uso, un conocimiento que no encuentra aplicación. Esta situación tiene un paralelo y es cuando la actividad creativa se aplica a problemas que no son reales, cuando se trabaja para generar proyectos que no tienen sentido social. No confundamos esta situación con la actividad creadora que satisface sólo una voluntad o deseo personal y que puede producir, al final, objetos sociales útiles. No; cuando nos referimos al trabajo creativo sin sentido, lo hacemos señalando aquel que invirtiendo conocimientos y recursos sólo sirve para reproducir soluciones o crear ideas y proyectos que niegan o que ocultan la verdad de las cosas en perjuicio de otros. Esto nos recuerda que el proceso creativo está determinado por el origen y la razón de las necesidades y problemas que pretende resolver; si no se conoce el origen o se deforman las razones que explican una necesidad y que justifican racionalmente un problema, es muy probable que la ideología, el gusto y el servicio a intereses poco claros actúen deformando el sentido de un problema. Es entonces cuando la actividad creativa, a pesar de su productividad, se convierte en una actividad enajenada e inútil. Es cuando el producto de científicos y técnicos termina siendo rechazado socialmente por imperfecto, por nocivo o inútil.

En el ejercicio escolar de la creatividad, debemos cuidar que éste sea más que una práctica por la práctica misma, y se convierta finalmente en un modo de hacer las cosas sin reflexionar sobre su razón de ser. En el ejercicio de la actividad creadora, así como en su aplicación profesional, deben ser claras las razones y el origen del problema; deben marcarse los límites y posibilidades en el espacio de lo racional y la justificación plena y cabal de la necesidad.

La creatividad como actividad central de nuestra profesión, debe ser instrumentada en nuestra currícula escolar con todos los recursos que esta exige; para ello no bastan los cursos que nos especialicen en los conocimientos diversos de un área y las técnicas de investigación y expresión de las ideas, es necesario instrumentar la práctica racional de la reflexión sobre el origen y la razón de ser de los problemas. Para ello debe analizarse críticamente nuestra ideología, el origen social de nuestras necesidades, el por qué y el para qué de nuestras expectativas. Reconocer el sentido de nuestras actividades, de nuestro gusto y preferencias, para reconocer en ellas el modo como creamos nuevos proyectos, nos acerca a comprender las limitaciones y la utilidad de nuestras propuestas.

En el aprendizaje de los materiales y los procesos de transformación de estos, es particularmente importante la actividad creativa; a través de ésta se pueden desarrollar nuevos equipos y técnicas para la producción; y sólo en el conocimiento cabal de los materiales y su transformación se encuentra la posibilidad real de hacer propuestas innovadoras desde el diseño de productos. El estudiante de diseño debe encontrar en la práctica con los materiales y su aprendizaje, el espacio de recreación y desarrollo de la creatividad más rico de la curricula escolar. Esto no es una exageración si consideramos el tiempo que invierte en el aprendizaje de los materiales y las materias anexas a esta área, y si además, insisto, consideramos que la creación de nuevos productos útiles, debe de pasar por la definición clara de los materiales, sus características estructurales y su posibilidad real de producción. Es cierto que no podemos prescindir de otros elementos y conocimientos muy necesarios para la creación de productos útiles, así por ejemplo los factores estéticos y otras necesidades culturales, las condicionantes comerciales o los aspectos ergonómicos; cualquiera de los diversos conocimientos y utilidades que pueden hacer del producto de diseño un objeto útil y bello, sin embargo sin un conocimiento cabal de los materiales utilizados y los procesos productivos que implica, el proyecto no pasaría de ser sólo eso: una idea sin posibilidad real de existir como producto industrial.

Por la importancia de la creatividad como eje central de nuestra actividad, y por el necesario conocimiento y manejo de los materiales y sus procesos de transformación para la creación de objetos útiles, debemos hacer de los talleres y materias teóricas de los materiales, un espacio para la realización de propuestas innovadoras y la práctica racional de la creatividad, basado en los distintos criterios arriba expuestos y fundamentados en la idea de que un buen diseño será el que satisfaga necesidades y problemas reales, definidos éstos por necesidades sociales concretas.

EL TALLER DE INNOVACION TECNOLOGICA.

Con los elementos que en los capítulos previos se han expuesto, y ante la necesidad de experimentar nuevas alternativas didácticas, podemos desarrollar ahora alguna propuestas concretas para mejorar la enseñanza de los materiales y procesos en las escuelas de diseño industrial.

Aquí me referiré a una en particular: el taller de innovación tecnológica como un espacio para la experimentación de nuevos procesos, desarrollo de instrumentos y equipos, y diseño de productos en base a las limitaciones y los recursos que plantea una técnica en particular.

Imagino dicho taller como el lugar de reunión de estudiantes de diferentes niveles que, en base a la selección por parte del alumno de un problema en especial, de entre diversos que los profesores plantean, desarrollan en grupo una solución y trabajan conjuntamente para aprender mientras experimentan alternativas.

En dicho taller se presentan para cada material problemas diversos que pueden llevar al diseño de una herramienta o al desarrollo de un equipo; cada tema es seleccionado por los profesores en base al grado de dificultad y se sustenta en una investigación previa de todos los elementos que lo componen; así mismo existen materiales de apoyo didáctico para su desarrollo (adelante hablaremos de éstos).

El o los alumnos escogen un tema por el interés personal que los inclina hacia él; posteriormente reciben todas las instrucciones sobre los fines y objetivos de la tarea, los materiales didácticos y un plazo para resolverlo. Bajo la supervisión regular del profesor, el estudiante realiza visitas a centros productivos, trabaja con los equipos disponibles y estudia todos los problemas relativos al acopio de materiales, la selección de las ideas y técnicas, y aprende o aplica las técnicas de presentación de su proyecto. Los alumnos de niveles superiores se responsabilizan en la aplicación de los conocimientos de diseño que tienen y en el apoyo a sus compañeros de niveles inferiores.

No importa el nivel de dificultad del problema que el alumno escoge; este grado de complejidad determinará el tiempo de trabajo y los conocimientos que el alumno tendrá que apropiarse para alcanzar su objetivo. Lo importante es que el tema sea realmente interesante para el estudiante y que los

conocimientos que éste implique estén plenamente justificados y detallados por el profesor.

El problema que escoge el alumno y que el profesor ha preparado, debe ser alguno de entre los procesos, los pasos de una tecnología, una herramienta o equipo, un objeto de diseño o un grupo de técnicas que representan el aprendizaje de las aplicaciones y la utilidad de un material. Escogido por el profesor el tema en cuestión, éste diseñara los elementos didácticos que lo componen al responder a las preguntas :

1.- QUE proceso, producto, materia prima, equipo o herramienta representan una necesidad real, un problema lo bastante amplio como para aprender de él diversos elementos útiles para el diseñador, y permite al estudiante, luego de resolverlo, escoger otro que lo complemente y conduzca, de ejercicio en ejercicio, a cubrir todo un programa sobre el uso de un material.

2.- COMO este proceso, materia prima, equipo o producto es manipulado tecnológicamente; es decir cuáles son las técnicas que implica o cómo se presenta para ser convertido en algo útil.

3.- DONDE se desarrollan las técnicas en cuestión; qué equipos o herramientas implican; en qué espacios y bajo qué organización se desarrollan; qué medios son necesarios para realizar el proyecto.

4.- QUIEN conoce o manipula la técnica en cuestión, el proyecto y los elementos que lo componen; qué especialista, técnico, obrero, diseñador, etc. estará implicado en cada elemento del problema.

5.- POR QUE y PARA QUE se realiza el proyecto en cuestión; es decir, cuál es la naturaleza del proceso, la explicación y el material teórico que lo apoya; cuáles los motivos, limitaciones, los factores sociales y económicos, el mercado, el usuario, etc., que componen el problema.

Estas preguntas y en consecuencia sus respuestas, implican no sólo la justificación del ejercicio; son, de hecho, el guión que el profesor utiliza para desarrollar los objetivos, los medios y evaluación del trabajo.

Para descubrir problemas de innovación tecnológica y el diseño de objetos útiles y posibles, las preguntas previas son básicas. Al contestarlas el profesor, van surgiendo la extensión y las implicaciones didácticas del ejercicio. El profesor, entonces, encontrará útil preparar un guión de

estudio sobre el material, lo bastante amplio y preciso como para darle al estudiante una visión de todos y cada uno de los elementos que permiten la transformación de un material en productos útiles.

Ese guión o texto del curso, es lo más complejo de crear de entre los materiales didácticos necesarios para el desarrollo del curso teórico y práctico sobre un material y el diseño de los ejercicios del taller de innovación que propongo. Este guión o manual básico debe estar integrado por textos seleccionados de entre todos los que existen y son útiles para la materia; debe completarse con las notas necesarias que faciliten la comprensión del estudiante de diseño. El profesor puede hacer de esta selección de textos un manual útil para las asignaturas teóricas y los talleres de materiales, independientemente de la utilidad de este manual para descubrir problemas y ejercicios para el taller propuesto.

Además de este guión o manual y la bibliografía complementaria, es necesario preparar modelos y simuladores diversos de los procesos; simuladores que faciliten la comprensión de lo que ocurre dentro de un equipo o a través de una técnica en particular. Son necesarios también todos los materiales fotográficos, películas y videos que nos muestren cómo se realiza un proceso. Junto a esto, la exhibición de piezas realizadas en un material son el mejor ejemplo que puede dársele al estudiante de cómo una materia prima se hace un producto útil. La práctica con los equipos disponibles y el trabajo en centros productivos, son el complemento necesario para comprender las posibilidades de un material y realizar los trabajos de experimentación que al alumno se le encargarán.

Disponemos de todo lo necesario para mejorar nuestros cursos sobre materiales y procesos: tenemos los alumnos interesados en aprender cosas útiles que les llaman la atención, tenemos los profesores y los contactos profesionales de calidad comprobada y con la experiencia suficiente en su área de especialidad como para ofrecer conocimientos útiles; disponemos de recursos didácticos que van desde herramientas y talleres hasta microcomputadoras; tenemos, finalmente, el interés en superar nuestra academia. Tal vez nos falta la experiencia como profesores, como transmisores de conocimientos; el entusiasmo que hace de una clase, un espacio atractivo para el estudiante; y la práctica de técnicas innovadoras en la enseñanza. Tal vez nos falta un modo de comprender y organizar nuestra labor como docentes; un guión de preguntas y claves para facilitar la preparación del curso y su evaluación; una forma, en fin, de elaborar los programas de estudio que satisfagan los objetivos de la carrera, las expectativas del alumno y nuestra idea de lo que debe ser enseñado en la materia que impartimos.

Este trabajo de tesis intenta dar respuesta y auxilio al profesor en este problema particular de la docencia. Ojalá que sea útil como un guión básico para todos los profesores y, en particular, para aquellos que se encargan de la enseñanza de los materiales y procesos.

Un primer paso para facilitar el desarrollo de la enseñanza de la cerámica, es el guión de estudio que ocupa las páginas siguientes. También este es el paso previo para poder desarrollar los trabajos del taller de innovación tecnológica que se propone.

INDICE

Tema:	Página:
PRESENTACION	- 1
LA CERAMICA, GENERALIDADES	- 4
CLASIFICACIONES DE LA CERAMICA / PASTAS	
Cerámicas de baja y alta temperaturas	- 9
Clasificación general de las pastas cerámicas	- 10
tipos de ALFARERIAS	- 12
Ensayos en las arcillas de alfarería	- 13
Defectos y correcciones de las pastas de alfarería	- 14
Barbotinas de moldeo y preparación	- 15
Defectos y correcciones de las barbotinas	- 16
DETALLES SOBRE LOS CALCULOS DE LAS PASTAS	- 17
MAYOLICAS DE PASTAS BLANCAS	
tipos y características	- 19
Barbotinas, cocción y decoración de mayólicas	- 21
La mayólica sanitaria	- 22
Cálculo de las pastas de mayólica	- 23
Corrección de las pastas de mayólica	- 25
LOS GRES	
tipos y características	- 26
Cálculos de pastas de gres	- 30
LAS PORCELANAS	
tipos y características	- 32
Pastas de moldeo y decoración	- 35
Cálculos de pastas	- 37
PRODUCTOS REFRACTARIOS	- 39
CLASIFICACION DE LA CERAMICA POR EL TIPO DE PRODUCTOS	- 42
CLASIFICACION DE LA CERAMICA POR EL TIPO DE PROCESO	- 44
CLASIFICACION DE F. SINGER	- 45
PROCESOS / PREPARACION Y PRUEBAS (Pastas, barbotinas, vidriados, etc)	- 49

Cuerpos de arcilla y pruebas	- 50
Control y ensayo de las materias primas	- 54
PREPARACION DE LAS PASTAS	
MOLIDO	- 60
MEZCLADO Y AGITADO	- "
TAMIZADO	- "
Tabla de telas de tamiz	- 61
PRENSA DE FILTRO	- 62
AMASADO	- "
PROCESOS DE CONFIGURACION DE LAS PIEZAS CERAMICAS	
TORNEADO	
TORNO DE PIE	- 63
TORNO DE FORJA O TARRAJA	- 75
MOLDES, MATRICES Y ELABORACION DEL MODELO	- 78
Procedimientos para mezclar el yeso	- 82
Técnicas para el vaciado de barbotinas	- 83
Barbotinas	- 84
Moldes para torno de forja	- 85
Mesa y moldes para vaciado	- "
OTROS PROCESOS DE MOLDEO	- 87
REFINADO Y REBABEADO	- 90
UNION DE PARTES	- "
SECADO Y ENCOGIMIENTO	- "
PROCESOS DE DECORACION	- 92
Generalidades	
Decoración sobre la pasta en estado semirrioído	- 93
Decoración sobre la arcilla bizcochada	- 94
DECORACION MATERIA PRIMA Y PROCESOS DEFECTOS Y CORRECCIONES DE VIDRIADOS Y CUBIERTAS	- "
	- 96

CLASIFICACION GENERAL Y CARACTERISTICAS DE LOS DIVERSOS COLORANTES UTILIZADOS EN LA DECORACION DE LAS PIEZAS CERAMICAS	-105
BARNICES / FORMULACIONES Y TIPOS	-110
BARNICES DE BAJA TEMPERATURA	-111
BARNICES DE ALTA TEMPERATURA :	
de Cenizas	-112
Fritados	- "
Estrellados	- "
Mates	-113
de Reducción	-114
Cristalinos	- "
de Bristol	-115
de Lustres	- "
de Sal	-116
de Engobe	- "
Raku	-117
 BARNICES. CALCULOS Y MATERIALES	
Fórmulas y pruebas	-118
INDICE [en orden alfabético] de materiales, características y usos de substancias diversas para la decoración cerámica	-127
Aplicación de los materiales colorantes	-147
 PROCESOS DE HORNEADO	
Generalidades	-152
 HORNOS, CONSTRUCCION Y OPERACION	
MODELOS Y TIPOS	-154
CONSTRUCCION DE HORNOS	-164
EL HORNEADO	-172
Carga y operación de los hornos	-175
Cocción en fuego reductor	-176
 LOS CONOS PIROMETRICOS	-179
Tabla de conos Orton y Seger	-180
 MATERIALES PARA HORNOS	-182
Temperatura promedio a la que se hornean diversos productos cerámicos (tabla)	-184
 PROCESOS DE REVISION, EMPAQUE Y TRANSPORTE	-185

COMERCIALIZACION Y DISEÑO	-188
COSTOS, INSTALACIONES Y NECESIDADES DIVERSAS DE UN TALLER DE CERAMICA	-209
GLOSARIO	-191
BIBLIOGRAFIA BASICA SOBRE CERAMICA	-200

PRESENTACION

El texto que sigue es un guión de estudio o manual básico para los estudiantes y profesores de la cerámica en las escuelas de diseño industrial.

No pretende estar dirigido a ceramistas profesionales ni estudiantes exclusivamente de la cerámica. Para ellos existen textos más completos, inclusive los libros mismos de donde han sido sacadas las notas que se reproducen.

Este guión de estudio, prefiero llamarlo así en vez de manual, reúne lo mejor de los libros que abajo indico. Digo lo mejor o más selecto, pues se trata de las notas, ideas y explicaciones que en estos textos se hacen con referencia a los procesos y materiales cerámicos del modo más claro y directamente relacionado con la actividad del diseñador industrial. Los criterios de selección son producto de la experiencia académica en el diseño, se basan en las necesidades manifestadas por estudiantes y profesores del área.

Se escogieron textos en español, independientemente de haber revisado varios libros y notas en otro idioma, para que la consulta y comprensión fuera más completa. Vale la pena aclarar que los libros y artículos diversos publicados en cualquier idioma lo único que hacen es aportar, con mayor o menor especialidad, variantes a los mismos procesos básicos, además de ejemplos de productos obtenidos con técnicas y materia prima más o menos semejantes, y comentarios teóricos o principios básicos idénticos. Algunos son más completos y complejos en lo que respecta a formulaciones y tecnología, sin embargo, y para efecto de un guión de estudio para los diseñadores industriales, los textos finalmente escogidos son obras que aportan la especialidad suficiente, sin caer en la mera divulgación del tema ni tampoco en tecnicismos que sólo la práctica profesional y muy especializada requiere.

Los textos escogidos fueron:

- * Nelson, Glenn. - 'CERAMICA. MANUAL PARA EL ALFARERO'
- Ed. CECSA. México; 1980.
- * Vittel, Claude. - 'CERAMICA. PASTAS Y VIDRIADOS'
- Ed. Paraninfo. Madrid, España; 1978.
- * Gisholt Orozco, Alberto y Villafañá Gómez, Enrique.
- 'APORTACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL A UN TALLER DE CERAMICA DE ALTA TEMPERATURA EN LA ZONA TARAHUMARA'
- Tesis de licenciatura de Diseño Industrial UNIAM. México; 1981.

Los dos primeros son ejemplo de libros bien ilustrados, completos, claros y actualizados. La tesis de Gisholt y Villafañá es rica en proposiciones, un buen ejemplo de trabajo en el área por parte de diseñadores y contiene, además, comentarios al respecto de los procesos que nos pueden guiar en su comprensión y manejo.

Las notas que interesan de los libros escogidos se reproducen en fotocopia, esto es para facilitar su reproducción y obviar la tarea de mecanografiarlos nuevamente. Son muchas las partes reproducidas, tantas como fueron necesarias para presentar una visión lo más completa posible de los procesos, herramientas y principios. Con ellas y los comentarios adicionales podemos estar seguros de contar con un guión amplio y completo sobre los tópicos de la producción cerámica.

En complemento a los textos reproducidos, aparecen notas que en muchos casos sintetizan el tema en cuestión y en otros casos completan los comentarios que los libros no incluyen y son importantes para el diseñador.

Tan sólo la lectura de estas notas complementarias nos da una visión suficiente para saber qué procesos y técnicas son comunes en la cerámica.

La división de capítulos y los procesos se realizó en base al orden en que suelen presentarse en la producción. Deben distinguirse aquellos procesos en los que la voluntad de forma y la definición de una función son producto del diseñador y aquellos en los que las necesidades técnicas determinan el proceso o los resultados. Aunque cualquier fase es controlada por la decisión y el trabajo del hombre, hay procesos donde estas determinaciones pueden hacer de un objeto un producto diferente a otros y con una clara definición de su utilidad. Esto es posible porque en la determinación de una forma, un decorado o el uso de cierta técnica, se encierra una voluntad creativa que puede hacer de los objetos y los procesos, un mundo de posibilidades de expresión y no un espacio limitado a las técnicas. No obstante es sólo en el dominio de estas técnicas donde se encuentra la fuente de creación de objetos atractivos y útiles. Por ello, el estudiante de diseño debe familiarizarse y dominar con la práctica todos los procesos y no exclusivamente aquellos en los que la voluntad de forma es evidente, como la conformación y el decorado. En todos los procesos, desde la molienda del material arcilloso hasta el horneado, tienen cabida determinaciones que un buen dominio de la técnica convierten en productos de diseño con calidad. Es decir, objetos en los que la planeación de sus procesos productivos, el uso y el usuario no son consideraciones aisladas, sino una totalidad.

El gui3n de procesos se complementa con notas, indicadas luego de dos asteriscos (**), que nos remiten a reflexiones y propuestas did3cticas 3tiles para la ense1anza de la cer3mica a los dise1adores. Estas notas son importantes y en ellas esta la esencia y el sentido de este trabajo.

Faltan, en una investigaci3n como 3sta, temas y comentarios que otros deben aportar; t3mese el intento de resumir procesos y t3picos de la cer3mica y su ense1anza en las p3ginas que siguen, como una primera aproximaci3n a la tarea de producir textos 3tiles para nuestros estudiantes y profesores; textos capaces de subsistir el trabajo de buscar entre m3ltiples libros y notas lo que nos interesa, textos que sean una gu3a para entender cabalmente el uso y las posibilidades de un material y sus procesos.

LA CERAMICA, GENERALIDADES.-

Se llama Cerámica a los objetos contruídos con materiales arcillosos y endurecidos por la acción del calor.

A la arcilla (ver variantes y composición en el GLOSARIO), se le agrega agua, lo que permite obtener así una masa plástica; la arcilla se hace entonces susceptible de adquirir y conservar una forma; posteriormente, tras de un secado previo, es con el calor de un horno cuando la pieza de arcilla se endurece y se convierte en un producto terminado.

En síntesis:

ARCILLA + AGUA (amasaado) = Masa plástica, (conformado), (secado) + CALOR (horno) = producto terminado.

La naturaleza propia de la arcilla impone ciertas limitaciones al diseño cerámico. Una pieza de cerámica no puede ser tan delgada y transparente como el vidrio; no tiene la resistencia y flexibilidad del metal o la madera; es frágil en las partes delgadas y protuberancias; su peso y volumen es proporcionalmente mayor a equivalentes en metal laminado, madera o vidrio.

Sin embargo, su plasticidad en frío es la característica más sobresaliente entre otros materiales; tiene la posibilidad, cuando se elabora, de ser conformada con los dedos, estirarse, embutirse, tallarse y empalmarse con facilidad (pues se trata de una masa plástica, suave y fría). Esta masa puede ser, con tecnología sencilla, muy fácil de moldearse y hasta ser endurecida con el calor que produce un fuego de leña.

A estas características, que hacen de la cerámica un objeto y una técnica accesibles, se suman la apariencia atractiva de su textura y color; productos éstos de aplicar en la superficie de las piezas, barnices, también arcillosos, y decoraciones de tallados, pinturas o adiciones diversas de otros materiales que hacen de la cerámica un producto útil, económico y bello.

** La alfarería (construcción de vasijas) es tal vez el mejor ejemplo para comprender las limitaciones y posibilidades de la cerámica. Los ejemplos que encontramos de formas, decoración, técnicas constructivas y uso de las piezas más comunes en el ámbito doméstico, son la mejor posibilidad para el estudiante de diseño, de experimentar en la recreación de técnicas y productos sencillos.

CERAMICAS ARTESANALES, SEMI/INDUSTRIALES E INDUSTRIALES .-

Artesanal.- La caracterizan las herramientas, el equipo y los materiales generalmente muy simples y de origen local.

La intervención del artesano (conocimiento y mano de obra) se da en todo el proceso.

El carácter cultural que reflejan los productos es generalmente colectivo y ancestral.

La función, el uso, la forma y ornamentación están muy ligados a las costumbres, las medidas humanas (aspectos de la ergonomía y la antropometría de la comunidad de usuarios) y las necesidades de los consumidores; todo ello como producto de una antigua experiencia en la producción para un mercado definido y conservador.

Hoy, la cerámica artesanal es cada vez más dependiente de los gustos y las reglas del mercado que le imponen sus centros de distribución: instituciones estatales, ferias regionales, empresas exportadoras y un grupo de consumidores extraños a la comunidad y que, en provecho de sus intereses, modifican el sentido y la utilidad de cerámica artesanal, unas veces para bien y muchas para mal, de esta forma de producción.

Semi/industrial.- La caracterizan el uso de moldes para la hechura de un mayor número de piezas iguales (aunque gran parte de la decoración, que suele ser su atractivo fundamental, se realiza manualmente, pieza por pieza). También son notables la utilización de máquinas y tecnologías más complejas (hornos para alta temperatura, tornos y otras herramientas automáticas); los talleres recurren a mano de obra calificada y a una división del trabajo muy definida.

La producción es rápida y regular y, sin embargo, la intervención del diseñador en las diversas fases del proyecto es mayor que en la cerámica industrial, cuya planeación no permite modificaciones mayores en el proceso. Al final de cada ciclo completo, que puede durar un par de días desde la preparación de la pasta hasta la salida del horno de las piezas terminadas, el diseñador, o el responsable de la producción pueden, en los talleres del tipo semi/industrial, modificar las características del siguiente grupo de piezas e, inclusive, rechazar el producto terminado sin que eso signifique una gran pérdida de tiempo y dinero. Es aquí donde la eficiencia del uso de técnicas modernas y un mayor control sobre los productos en sus fases intermedias, hace posible, sin grandes riesgos comerciales, una mayor creatividad e intervención del diseñador en la producción cerámica.

El carácter cultural, el sentido estético y los fines utilitarios del producto son, en estos talleres, más definidos por sus propietarios que por los gustos y necesidades del usuario, el cual, a diferencia del mercado tradicional, no está en contacto directo con el productor.

Cerámica Industrial.- La caracterizan el uso de tecnologías, equipos y una organización productiva complejas. Intervienen normas de producción precisas y la comercialización es masiva e impersonal. Las instalaciones suelen ocupar grandes centros fabriles y las formas de producción son automatizadas (tornos de forja automáticos, matrices y moldes metálicos, decoración repetida, automática y en grandes series; hornos de producción continua tipo túnel, etc).

Los productos son muy diversos y cubren, a diferencia de la producción artesanal y semi/industrial, todo el universo posible de productos cerámicos desde vajijas hasta refractarios, partes de equipos electrónicos, mobiliario de baño, equipos de laboratorio, etc.

Es característica la reducida intervención de la mano del artífice, la producción iterativa (producción rápida y masiva de objetos iguales) y la participación del diseñador exclusivamente en la etapa de planeación.

Las características formales de los productos son determinadas por modas y criterios típicos de los mercados masivos.

La cerámica industrial pone de relieve las grandes posibilidades del material; es característico también en ésta la intervención de especialistas en química y la participación de técnicos especializados en el desarrollo de nuevas pastas, barnices y equipos, que con el tiempo se hacen accesibles a los talleres semi/industriales.

**** Es importante hacer en esta parte del trabajo, varias consideraciones.**

Las piezas realizadas a mano constituyen hoy un lujo, más que una necesidad. El mercado de la cerámica industrial resuelve, a pesar de la pobre calidad estética de la mayoría de sus piezas (en el sector de los objetos domésticos), las necesidades de consumo de mayorías. La cerámica artesanal cubre un sector del mercado tradicional cada vez más reducido y tiende a convertirse en objeto exótico aún dentro de la misma población tradicionalmente consumidora. ¿ significa esto que habrá de desaparecer o de convertirse en producción exclusivamente artística ? NO y es importante que el estudiante de cerámica comprenda que, a pesar de las limitaciones técnicas y de mercado que la producción artesanal implica, ésta es, además de un producto cultural y tan sólo por ello, digno de conservación, un producto que refleja hábitos de uso que siguen siendo actuales, producto de años de experimentación y testimonio de solución a las necesidades de los objetos. ¿ No es acaso la primera pregunta que se hace el diseñador ? ¿ cuáles son las necesidades del usuario?; bien, pues esta pregunta se contesta analizando el modo como se usa un objeto, y este modo de uso, sin duda, se descubre más fácilmente, acudiendo a la forma como

tradicionalmente se han venido resolviendo los objetos. Pero hay más: la producción artesanal refleja los principios fundamentales sobre los que se explican las tecnologías de transformación y las características de un material; por ello, el estudio de las tecnologías artesanales permite al estudiante comprender con más claridad las limitaciones y posibilidades de un material; así como el estudio de los productos tradicionales permite descubrir las formas más comunes de uso y con ello, las necesidades que el usuario tiene de un objeto.

Sin embargo no es bastante con limitarse al aprendizaje de la cerámica artesanal que, por cierto, a pesar de no estar muy conscientes de ello es lo que hemos venido haciendo en nuestras escuelas. Si hemos distinguido aquí los tres sectores en la producción de la cerámica es por que el desarrollo de la tecnología y el modo de producción actuales han dotado a estos tres sectores con características que debemos aprender y saber apreciar. De la cerámica artesanal ya hemos visto algo, de la cerámica industrial debemos aprender y dominar las posibilidades enormes que se habren para la aplicación del material, el uso de tecnologías y la organización productiva, capaces de responder a las enormes demandas en el mercado de ciertos productos. ¿Y de la cerámica semi/industrial?, pues de ésta, tecnológicamente, la solución intermedia, debemos comprender que es la respuesta más adecuada a nuestras necesidades de mercado para solucionar la demanda de productos domésticos y de muchos de aquellos que no implican tecnologías muy complejas.

El estudiante de cerámica, a diferencia del ceramista profesional y el industrial, tiene más interés en los objetos que pueden ser producidos con las arcillas, que en el estudio de las tecnologías y máquinas disponibles para producir objetos cerámicos. Esto significa que en la escuela debe hacerse énfasis en los diversos productos posibles y, A TRAVÉS DE ELLOS, en los procesos y máquinas disponibles. Dicho de otro modo: al industrial le importa, por razones obvias, hacer el mejor uso de la tecnología con la que cuenta, dejando en un segundo plano, definido por el mercado, al objeto, el cual no determinará la tecnología montada, siendo ésta la que defina las características del objeto. El estudiante, por la libertad de experimentación que debe propiciarle la institución académica y por desconocer si habrá de ser la cerámica su única área de trabajo (me refiero al estudiante de diseño), estará más interesado en el objeto como expresión de funcionalidad y como producto formal. Así pues, a través de practicar tecnologías en la búsqueda de una solución satisfactoria a cierto diseño, el estudiante debería hacer aportaciones de innovación tecnológica o, al menos, hacer uso amplio de las máquinas y equipos con los que debe contar la institución

académica y algunos talleres semi/industriales a los que tenga acceso de este modo, no sólo logrará proyectar un objeto, sino también centrará su atención en los procesos de transformación, las máquinas y las tecnologías posibles de utilizar.

Para alcanzar este propósito es importante hacer apreciar al estudiante, en su dimensión real, los tres sectores de la producción cerámica y así no intentar resolver todos los proyectos con las mismas técnicas, o querer, por aplicar una tecnología dada, diseñar productos que pueden ser resueltos con otros materiales.

• Una nota adicional: La clasificación de la industria en tres sectores.- Artesanal, Semi/industrial e Industrial es solamente una aproximación general para el estudio de la planta productiva y así distinguir algunas diferencias entre el tipo de tareas, las herramientas, la comercialización y la labor del Diseñador en la producción Cerámica. Sin embargo dicha clasificación no es del todo correcta y sólo nos proporciona una clasificación útil para señalar, como lo hemos hecho, la existencia en la producción de tres tipos de concentraciones diferentes de tecnología y modos de comercialización. Una clasificación más exacta que distinga diferencias en la planta productiva y su organización sería la siguiente: 1) La producción Artesanal, sin una división del trabajo definida y con características regionales y localistas que determinan y limitan el uso de la materia prima, el diseño (simbolismo, tradición, características étnicas, utilidad y uso, etc) y la comercialización del producto. 2) Los talleres y la organización productiva ubicados en la transición del taller artesanal por la manufactura en dirección a la organización fabril moderna; éstos si bien han incorporado una división del trabajo notable y el auxilio de las máquinas a su producción, no alcanzan la automatización y la administración que caracterizan al tercer tipo de producción: 3) La industria fabril moderna, que si bien por su dimensión (locales, número de operarios y regímen fiscal) puede ser del tipo microindustria, pequeña, mediana o gran industria; está caracterizada, principalmente, por una marcada mecanización, tecnologías modernas, división del trabajo muy definida, líneas de montaje y procesos automatizados en su producción.

Para una historia y caracterización de la industria vease el texto de S. Gledion - La mecanización toma el mando- (Gustavo Gili, 1978).

CLASIFICACIONES DE LA CERAMICA / PASTAS

Son muchas las clasificaciones posibles. Algunas atienden a las características de la materia prima y la temperatura del horneado, otras al tipo de proceso (el moldeo en particular) y los productos que se obtienen, otras más a las características propias de las pastas.

Con el ánimo de plantear las características más importantes de las diversas pastas y hacer una introducción general a los procesos que luego se describen en otros capítulos, presento aquí algunas de las clasificaciones que nos pueden ayudar a iniciar al alumno en el universo de la cerámica; sin duda hay mejores clasificaciones que las que se presentan, o, entre las descritas, las habrá más objetivas y más útiles; los criterios de selección dependerán, como ocurre con las que se presentan, del gusto y la práctica, de las aplicaciones y recursos del profesor de cerámica.

CERAMICA DE BAJA Y DE ALTA TEMPERATURAS:

Esta es una clasificación determinada por el uso de cierta materia prima y la temperatura de cocción a la que se somete.

Describir las características de la alta temperatura es suficiente para inferir las del tipo baja temperatura; esta última, sin duda la más difundida, es la que encontramos en la mayor parte de los productos de la cerámica artesanal.

Alta temperatura o Stoneware:

Se distingue por el alto porcentaje y el equilibrio en los compuestos orgánicos de las arcillas y elementos con que se preparan las pastas (alúmina, sílice y caolines son algunos de los materiales predominantes en estas pastas).

El rango común de temperaturas en que, sin fundirse estas materias, las pastas son horneadas, es de 1150° a 1350° centígrados.

Algunas propiedades y características recomendadas para su diseño son:

El grado de absorción de humedad es inferior a 0.5%

Las formas y los colores son muy variados; estos últimos son permanentes y resistentes al lavado con detergentes y jabones.

Su aspecto es sólido y pesado. Son resistentes a los golpes y la temperatura.

El grosor mínimo de las partes delgadas es de 3mm. El grosor máximo recomendado en las partes gruesas es de +/- 8mm.

Las aristas y dobleces tienen que tener, como mínimo, radios de 2mm.

La inclinación mínima para la salida de las piezas del molde debe ser de 2 a 3 grados.

Es recomendable utilizar bordes y dobleces para rigidizar las piezas y partes delgadas en general.

La descripción puede completarse con aspectos constructivos especiales, manipulación de procesos, ejemplos y casos, etc.

Para los fines de este trabajo es suficiente mostrar hasta aquí, la clasificación en baja y alta temperatura como una herramienta útil si, a través de ésta, se aborda el estudio de materiales y procesos y si la descripción de características se complementa con el producto de la investigación del alumno. Sin embargo, esta clasificación omite la descripción de otras pastas. Para efecto de comprender las posibilidades que hay de materias primas y procesos diversos son mucho más ricas las clasificaciones que adelante se presentan.

CLASIFICACION GENERAL DE LAS PASTAS CERAMICAS:

Atendiendo a las características del material, su respuesta a diferentes procesos, la temperatura de cocción, pruebas, cálculos, correcciones y diversas propiedades, se han elaborado muchos textos que intentan cubrir del mejor modo posible la amplia gama de comentarios que se necesitan para tener una idea completa de las pastas cerámicas. Algunos son complejos y especializados -sin duda, uno de los más completos es la Enciclopedia de la Química Industrial, Cerámica Industrial, editorial Urmo.-. Otros textos son del tipo de divulgación y si bien introducen en el tema, no aclaran las dudas que durante el proceso se presentan. En este trabajo reproduciremos las notas, amplias y, aunque no lo parezca, sintéticas, de un texto que para efecto de los fines didácticos de esta presentación nos da una amplia visión de los materiales cerámicos. Se trata de los capítulos 4 al 9 del libro Cerámica (pastas y vidriados) de Claude Vitte; Texto del que hacemos amplias citas en este trabajo.

Antes de presentar las observaciones de Vitte, hay que señalar el sentido de sus notas. El autor hace su clasificación general con los mismos criterios básicos de la mayoría de los ceramistas; utiliza, para nombrar y estudiar las pastas, los términos abajo enlistados; algunos especialistas agregan también el renglón de las llamadas neo-cerámicas en el que incluyen aquellas pastas cuyo horneado se realiza a temperaturas superiores a los refractarios y que se caracterizan por un uso muy especializado debido a sus propiedades de resistencia y muy alto punto de fusión. Las explicaciones a los términos siguientes pueden encontrarse en la descripción de Vitte que sigue, y en el glosario al final de este trabajo.

Clasificación general de las pastas:

Barro
Pasta blanca
Gres

Porcelana y Refractarios.

En las notas de Vittel no sólo aparecen los diversos tipos y variedad de cada grupo de pastas, también se indican los ensayos y pruebas necesarios en cada uno para así determinar con precisión su uso; se describen defectos y correcciones y se indican los detalles para la elaboración de las barbotinas (cualquier término que a esta altura del trabajo no se comprenda, puede consultarse en el glosario anexo). En las notas de Vittel se hace un breve estudio, muy sintético, del cálculo de las pastas. En el resto de las notas se dan también diversos indicadores sobre la decoración, la cocción o el uso de herramientas. Todas estas notas nos permiten, si bien nos adelantamos un poco a otros temas que luego tratamos con más detalle, tener una visión básica del espacio de posibilidades y características de las pastas cerámicas. Es inevitable encontrar referencias a materias primas y algunos equipos de uso regional que los autores de textos sobre cerámica incluyen entre sus comentarios; en el caso de Vittel, son sobre su continente y Francia en particular. Todos los nombres de herramientas y de materiales tienen su equivalente en nuestro país, y el autor nos da, además, para la mayoría de las materias, su composición química; de todas formas el lector no deberá preocuparse mayormente por los términos que en la lectura inicial de este manual no comprenda; muchos se aclaran en otras secciones y algunos, la práctica profesional los enseña.

Con respecto a la preparación y prueba de las pastas, control y ensayo de las materias primas y algunas precisiones sobre este tema que parezcan no estar completas en las páginas que siguen de Vittel, se puede consultar el capítulo que sigue a éste y que está dedicado al tema.

1. Tipos de alfarerías

La abundancia de las arcillas ferruginosas y calcáreas en todo el mundo explica la razón por la que el hombre las ha empleado tan a menudo para la confección de sus utensilios. Estas arcillas proporcionan buenas pastas para alfarería común.

Su cocción varía entre 950 y 1.050°C, temperaturas que permiten obtener masas porosas, llamadas "abiertas", de color pardo, castaño o gamuza. Tales son los colores habituales de las pastas de alfarería.

En la fabricación corriente de estos cacharros se distinguen varias clases de productos:

a) *Alfarería de terracotta*

Los cuencos, los tiestos y las jardineras, de color rojo de ladrillo, se suelen designar con el nombre de alfarería de jardín, y carecen de vidriado. En Méjico, en África y en diversos países encontramos alfarería sin esmaltar que muchas veces están decoradas con arcillas naturales coloreadas, utilizadas en usos domésticos muy variados.

b) *Alfarería con vidriado transparente, llamada barnizada*

Su pasta suele estar recubierta de una fina capa de arcilla blanca o coloreada, llamada *engobe*, que en ocasiones permite ocultar el color, a veces mate, de la pasta. Los cacharros decorados con engobes de colores vivos proporcionan un efecto agradable.

Hasta principios del siglo XX la fabricación se limitaba a jarras, escudillas y vajillas rústicas, recubiertas de un vidriado de tonalidad por lo general amarillo-marfil poco sólido, y que se encuentra en todos los países. En la actualidad las alfarerías presentan vidriados transparentes de mejor calidad. Por lo general se decoran, antes de la cocción, con engobes coloreados. Los decorados rústicos se efectúan sobre todo con el barrillito, recipiente pequeño de alfarería al que se le ha adaptado el cañón de una pluma de ave, y que permite el flujo del engobe en el espesor deseado. El proceso de esgrafiado se utiliza

superponiendo uno o dos engobes de colores diferentes. El rascado del último engobe se efectúa con una punta, para hacer aparecer el color subyacente.

Los engobes aplicados con pincel facilitan la realización de motivos delicados.

Las alfarerías bizcochadas, recubiertas de un engobe blanco, suelen pintarse con colores debajo de la cubierta. Este procedimiento de decoración puede llevar a los aficionados a confundirlas con las mayólicas de pasta blanca. A veces estas alfarerías se decoran con engobes vitrificados o esmaltes coloreados.

c) Alfarerías recubiertas de un esmalte opaco

Algunas lozas pueden estar recubiertas de un esmalte opaco, de color blanco, que tiene por base el óxido de estaño y que se llama *esmalte estannífero*. Por lo general se designan con el nombre de mayólica en Italia y, desde hace mucho, de fayenza en Francia y otros lugares.

Esta denominación de fayenza toma su nombre de Faenza, villa italiana caracterizada por su producción de lozas estanníferas, que floreció sobre todo en los siglos XV y XVI. En esta misma época se creó en Francia una gran cantidad de manufacturas, las principales de las cuales —Marsella, Moustiers, Nevers y Estrasburgo— adquirieron renombre mundial. La villa holandesa de Delft se hizo igualmente célebre en esta producción de loza estannífera, decorada muy a menudo con azul de cobalto y que recordaba las porcelanas de China, que entonces se vendían en Holanda, y hacían una buena competencia a los productos importados.

d) Alfarerías arquitectónicas

En esta producción hemos de señalar las baldosas de recubrimiento y enlosado, revestidas a menudo de vidriados transparentes o de esmaltes estanníferos blancos o coloreados. También hemos de considerar, en este grupo de productos, la importante fabricación de azulejos para estufas, de decoración variada, industria que estuvo muy en boga en el siglo XVI en toda Europa.

Podría decirse que la alfarería estannífera es, en cierto modo, una alfarería común "refinada". La decoración de los productos estanníferos se efectúa según dos técnicas diferentes:

1. Con pincel, o pintura sobre el producto bizcochado, recubierto de un esmalte crudo. Este sistema exige por parte del decorador una gran destreza, porque no admite ningún retoque.

2. La otra técnica consiste en decorar la pieza, recubierta de un esmalte blanco, después de su cocción. Se emplean colores llamados "vitrificables", que tienen la misma constitución que los pigmentos utilizados en la decoración de la porcelana blanca. Para fijar los colores hay que aportar a esta cerámica una cocción suplementaria, de unos 750°C. Teniendo en cuenta su similitud con las pastas de alfarería de casco siempre coloreado, parece más lógico preferir el nombre de alfarería estannífera al de mayólica. Esta última denominación debería ser reservada a la mayólica fina basada en arcillas refractarias, de color blanco después de cocida.

2. Ensayos de las arcillas de alfarería

Antes de construir una pasta recomendamos que se haga sufrir a cada arcilla las pruebas que permitan conocer:

- a) su merma;
- b) su plasticidad;
- c) su contenido de caliza;
- d) su consonancia pasta-vidriado.

Conviene hacer dos ensayos:

1. El que consiste en recubrir con un engobe blanco la mitad de la superficie de una plaqueta de ensayo, y, luego, el conjunto, con un vidriado transparente ya probado. Después de la cocción será fácil apreciar la consonancia de este vidriado con la tierra en bruto o engobada.

2. El que se basa en recubrir con un esmalte estannífero ya probado una segunda plaqueta que se somete, al mismo tiempo, a la temperatura habitual de cocción.

Fórmula general (para pasta destinada al fuego):

- 40 a 100 % de arcillas ferruginosas poco fusibles
- 0 a 30 % de arcillas refractarias
- 0 a 10 % de chamota refractaria
- 0 a 20 % de chamota ferruginosa

Composición de una pasta de alfarería para el fuego:

- 40 % de arcilla de alfarería ferruginosa poco fusible
- 30 % de arcilla refractaria (2.^a calidad)
- 20 % de chamota ferruginosa
- 10 % de chamota refractaria

- 100 %

5. Defectos y correcciones de las pastas de alfarería

1. Resulta interesante comprobar el detalle siguiente: el vidriado de una pasta de alfarería que no contenga aproximadamente el 14 por 100 de caliza corre el riesgo de resquebrajarse hacia los 980°C. Por otra parte, en el caso de pastas poco calcáreas, pero muy ferruginosas, el vidriado se adapta bien si la temperatura excede de 1.000°C.

2. Cuando una pasta encierra partículas finas de caliza presenta tendencia a desmoronarse, sobre todo si la masa es muy seca (silicosa). Si estas partículas se encuentran sólo en pequeñas cantidades, el vidriado puede desprenderse de la pasta. Para evitar este inconveniente hay que machacar la composición o eliminar la arcilla que contenga la caliza.

3. Una pasta de alfarería rica en arcilla refractaria, machacada durante mucho tiempo puede provocar encogimientos del esmalte estannífero.

4. Sucede a veces que una pasta de alfarería muy silicosa y muy finamente machacada provoque el descascarillado (o pelado).

5. Cuando una pasta contiene un exceso de caliza (más del 25 por 100), los productos presentan tendencia a rajarse ante los cambios bruscos de temperatura.

4. Alfarería para poner al fuego

En la fabricación de la alfarería destinada a sufrir cambios bruscos de temperatura (fuentes para gratinar, caquelons, etc.), suelen usarse *arcillas poco fusibles, ferruginosas, machacadas con chamota*. Estas pastas contienen poco o nada de caliza (0 a 5 por 100) y su contenido debe ser inversamente proporcional a la temperatura de cocción. Si se emplea arcilla ferruginosa que no sea de muy buena calidad, se puede aumentar la resistencia pirométrica de la pasta introduciendo en ella una pequeña proporción de arcilla refractaria.

La temperatura de cocción de estos productos varía entre 980 y 1.100°C.

6. Una introducción de caliza en una pasta ferruginosa aclara ligeramente su color. Tal no es el caso de los aportes de sílice, que provoca la formación de silicato de hierro.

7. A veces, una pasta de alfarería estannífera bizcochada a baja temperatura provoca la formación de burbujas durante la cocción del esmalte. Estas pueden proceder del gas carbónico que aún no se ha desprendido. Este defecto se comprueba también, pero con menos frecuencia, en el caso de vidriado trasparente.

6. Las barbotinas de moldeo

La elaboración de las barbotinas de moldeo ha constituido siempre una dificultad para muchos ceramistas, dado que las arcillas fusibles suelen ser impropias para el moldeo.

El objeto del moldeo es el obtener una barbotina suficientemente fluida y con un mínimo de agua, con el fin de evitar una humidificación excesivamente rápida de los moldes y, por consiguiente, un desgaste inútil. La composición de las barbotinas tiene que ser lo más aproximada posible a la de la pasta usada, para que se adapten perfectamente a ella.

Antes de entrar en detalles, conviene sin embargo recordar que no hay fórmula exacta para estas pastas de moldeo. Dependen no sólo de la calidad de las materias que componen la masa, sino asimismo de la naturaleza de los coloides que en ella se encuentran. Para la preparación de las pastas de moldeo hay pues que hacer pasar los coloides del estado de "gel" (es decir, gelatinoso) al de "sol" (o sea, soluble), y ello por medio de una solución fluidificante apropiada, compuesta principalmente de álcalis que neutralicen la solución. De acuerdo con la naturaleza de las arcillas utilizadas se impone el empleo del carbonato o del silicato sódicos; pero en la mayoría de los casos se consigue el mejor resultado con la mezcla de estos dos cuerpos.

7. Aptitud de las arcillas para el moldeo

Antes de proceder a los ensayos de barbotina es conveniente saber si la arcilla se pue-

de hacer más fluida al contacto con los cuerpos alcalinos. Para conseguirlo se procede por adición:

a) de una solución de silicato sódico (al 5 por 1.000);

b) de una solución de carbonato sódico (al 5 por 1.000);

c) de una solución de formil (al 5 por 1.000)*;

d) de agua, para comparación.

Ejemplo: A 20 g de arcilla machacada y seca, añadir de 15 a 20 g de solución o de agua.

Los resultados referentes al silicato y al carbonato sódico se obtienen como sigue:

Reacción fuerte:	100 % +
Reacción media:	50 % +
Reacción débil:	5 a 25 % +
Ninguna reacción:	"nulo"
Reacción inversa:	"gel"

(para el ensayo de una arena arcillosa utilizan únicamente 10 g de solución).

Es prudente preparar los primeros ensayos de barbotina con una cantidad de 100 a 1.000 g de materia seca, antes de pasar a composiciones de 5 a 50 kg. Por otra parte, habrá que diluir la masa con un mínimo de agua (que contenga los álcalis) y añadir, si hace falta, algo más para obtener una buena fluidez. De todos modos, no hay que olvidar anotar el porcentaje de agua usada, que puede variar entre el 35 y el 80 por 100. Si de las diferentes arcillas que componen una pasta destinada a la confección o manufactura hay una que reacciona a la solución alcalina, se puede conseguir con un poco de agua una excelente pasta de moldeo. De lo contrario habrá que componer una barbotina teniendo en cuenta las indicaciones que se dan en el capítulo siguiente.

8. Preparación de las barbotinas

Como se ha visto, estas barbotinas son bastante difíciles de conseguir, lo que se debe a

* Se encuentra en el comercio.

que las arcillas calcáreas reaccionan mal en presencia de los álcalis, ya que forman la mayoría de las veces parte del grupo de las *iltas*.

Estas pastas sólo se hacen fluidas en presencia de mucha agua y dan barbotinas frágiles, que ceden en el desmoldeo. La corrección de este defecto puede hacerse añadiendo a las arcillas o a ciertas pastas preparadas de un 10 a un 30 por 100 de arcilla refractaria, que reacciona positivamente con el silicato o el carbonato sódicos. En una pasta excesivamente plástica la introducción de chamota finamente machacada, arena o talco evita la deformación de los productos durante el secado y la cocción. Si falta la caliza en una barbotina puede aportársele en forma de marga calcárea o greda. Si se agrega arena, greda o chamota es preferible machacar la pasta durante unas horas en el molino de guijarros. Una vez diluidas en agua las materias primas, conteniendo aquella los álcalis en disolución, la barbotina se tamiza.

En cada ensayo de pasta de moldeo se le añade a 1.000 g de pasta seca:

400 a 800 g de agua,
1 a 4 g de carbonato sódico,
1 a 4 g de silicato sódico, o
2 a 5 g de formsil.

La proporción de agua varía con cada barbotina y con las cantidades de silicato y de carbonato sódicos aportadas. La dificultad consiste pues en encontrar una fórmula que asegure una pasta muy fluida con un *mínimo de agua*. Pueden obtenerse pastas de moldeo cuyo contenido de agua sea ligeramente superior (10 a 20 por 100) a la de la masa utilizada para la confección.

Ejemplo de barbotina para alfarería

30 arcilla margosa	CaCO_3	
(con un 18 por 100 de greda)	5,4	
15 arcilla refractaria	—	
30 arena ferruginosa (lavada)	—	
12 arena blanca	—	
13 greda	13,0	
<u>100</u>	<u>18,4</u>	

37,5 agua
0,1 carbonato sódico
0,3 silicato sódico

Greda contenida en la arcilla margosa:

$$\frac{18 \times 30}{100} = 5,4 \text{ de greda.}$$

Hay que dejar reposar siempre las barbotinas unos días antes de emplearlas. A continuación se les hace pasar por un tamiz de 900 mallas por cm^2 .

9. Defectos y correcciones de las barbotinas

No es raro observar en la superficie de los productos moldeados la aparición de burbujitas de aire, llamados "ojos de aguja".

Este defecto puede tener varias causas:

1. la naturaleza de las arcillas utilizadas,
2. la presencia de cloruros o de sulfatos en el agua,
3. las impurezas que pueden contener los álcalis,
4. la fermentación de algunas arcillas,
5. la forma de preparar la barbotina.

Otro defecto:

Las hendiduras que aparecen a veces en el desmoldeo. Sus causas:

- a) una pasta excesivamente poco plástica,
- b) una pasta que contenga mucha agua,
- c) una pasta de preparación muy reciente.

Corrección de estos defectos:

1. por la sustitución de ciertas arcillas,
2. utilizando agua de lluvia,
3. usando reactivos puros,
4. evitando aportar un exceso de agua a la pasta,
5. evitando exceso de aire al preparar la barbotina.

Detalles sobre los cálculos de las pastas

El estudio del grupo de las mayólicas, los gres, las porcelanas y productos similares queda facilitado por el conocimiento de las fórmulas generales fundamentales, señaladas al principio de los capítulos correspondientes

Estas fórmulas, utilizadas en el terreno industrial, han producido excelentes resultados y permiten la preparación de productos blancos o coloreados, de estructura porosa, semigresificados, vitrificados y en ocasiones traslúcidos. También indican qué porcentajes de caolinita, de cuarzo y de feldespato hacen falta para obtener, por ejemplo, una pasta de estructura gresificada para una temperatura determinada.

Los análisis racionales de las materias plásticas propias de cada país permiten de ese modo elaborar de una manera precisa diferentes masas. *Arcillas y caolines* proporcionan ante todo la *caolinita*, elemento indispensable para la formación de las pastas, pero al mismo tiempo contienen la arena y el feldespato en cantidades variables. Evidentemente, convenirá deducirlas según la fórmula utilizada.

Indicaciones para la investigación de pastas de gres

Para un gres duro volveremos a tomar la fórmula general básica siguiente

40 a 50 por 100 de caolinita,
40 a 45 por 100 de cuarzo,
8 a 20 por 100 de feldespato.
Cocción entre 1.250 y 1.350°C.

Esta investigación exige por lo menos tres ensayos, durante los cuales aconsejamos no modificar más que uno de los elementos de la fórmula básica. Veamos a continuación un ejemplo basado en el feldespato del 8 al 20 por 100:

<i>Ensayo n.º 1</i>	<i>Ensayo n.º 2</i>	<i>Ensayo n.º 3</i>
46 % de caolinita	46 % de caolinita	46 % de caolinita
46 % de cuarzo	42 % de cuarzo	34 % de cuarzo
8 % de feldespato	12 % de feldespato	20 % de feldespato

Si tras los ensayos se comprueba que la pasta resulta un poco seca, haciendo difícil su manejo y modelado, proponemos aumentar el porcentaje de caolinita, reduciendo a su vez el cuarzo.

Otra posibilidad consiste en hacer nuevos ensayos utilizando diversas clases de arcillas, más plásticas, conservando no obstante la misma proporción de caolinita prevista inicialmente. Para simplificar el cálculo del ensayo n.º 2 hemos introducido una sola arcilla.

En la práctica, para estabilizar la calidad de las pastas se aportan varias arcillas y diferentes caolines, procedentes en todo lo posible de la región de que se trate (menos precio de coste).

Para simplificar los ejemplos de cálculo de pastas hemos empleado arena pura y feldespato ortosa. El método que permite transformar una fórmula racional, prevista o propuesta, en una composición ponderal se menciona en el capítulo

Aún hoy día hay muchos artesanos que preparan excelentes pastas con ayuda de mezclas sencillas. Por tanteos, gracias no sólo a las composiciones centesimales, sino incluso a sutiles observaciones, consiguen crear productos dignos de nuestra atención. Sin embargo, mediante el control "moderno" de las materias cerámicas y aprovechando la experiencia adquirida el artesano alfarero puede entregarse a ensayos basados en fórmulas racionales que le han de permitir obtener más rápidamente resultados concluyentes.

No dudamos que al utilizar ciertas recetas de pastas indicadas en este libro se puede tener éxito en la obtención de diversas masas, sustituyendo las materias plásticas indicadas por otras, de naturaleza y calidades parecidas.

Las revistas editadas por las sociedades de cerámica de todos los países publican las señas de los proveedores de pastas listas para su empleo, arcillas y materias primas útiles para el ejercicio de nuestra profesión.

Constituyentes principales de las pastas cerámicas

Las pastas cerámicas contienen los siguientes constituyentes principales:

a) La *caolinita*, introducida en forma de arcillas refractarias o de caolines.

b) El *cuarzo*, que se aporta en forma de arena, sílex y calcinado y en ocasiones arena feldespática o arcilla silícica.

c) El *feldespato*, que por lo general se introduce en forma de feldespato potásico (ortosa) y muy pocas veces en la de feldespato sódico (albita). También se puede aportar por la pegmatita, pero en este caso hay que tener en cuenta su contenido de sílice.

d) La *greda* la aporta el carbonato de cal puro en el caso de las pastas blancas. En las pastas de alfarería la aportan las margas arcillosas o calcáreas.

e) El *magnesio*, introducido en forma de carbonato magnésico (magnesita y giobertita), talco (silicato de magnesio) y dolomita (carbonato doble de magnesio y calcio) en la medida en que la pasta contiene también greda.

Mayólicas de pastas blancas

1. Generalidades y orígenes
2. Tipos de mayólicas
3. Fórmulas generales
4. Materiales utilizados en las pastas de mayólica
5. Barbotinas de moldeo
6. Cocciones
7. Decoración de las mayólicas
8. La mayólica sanitaria
9. Cálculos de las pastas
10. Corrección de las pastas

1. Generalidades y orígenes

Las mayólicas se diferencian de la alfarería común por su pasta blanca o de color marfil, basada en arcillas refractarias y caolines. Los demás componentes suelen ser arena, pegmatita, feldespato y greda.

Las mayólicas —generalmente porosas— llamadas por eso pastas abiertas necesitan un vidriado para asegurar su estanqueidad. Este vidriado debe ser transparente para resaltar el color claro de la pasta. En otros tiempos se buscaba que ésta se pareciera lo más posible a la de la porcelana blanca, que se consideraba artículo de lujo.

En Inglaterra el fundador de la industria de la mayólica fue Josiah Wedgwood (1730-1795). Este ceramista buscaba descubrir, a semejanza de varios alquimistas, el secreto de la composición de las porcelanas chinas. Sus búsquedas no tuvieron éxito, pero lo condujeron a la creación de una nueva pasta, de fractura blanca o ebúrnea, recubierta de un vidriado transparente. Después este producto se ha designado con diferentes nombres: mayólica fina, loza inglesa, mayólica dura, semiporcelana e incluso tierra de hierro. Este proceso se difundió por los países próximos y se levantaron fábricas en las que vieron la luz distintas variedades de mayólicas de estructuras porosas o semigresificadas. El precio de venta de estas pastas era muy inferior al de la porcelana, por lo que se comprende que su mercado floreciese como lo hizo.

En la actualidad, la mayor parte de las fábricas de mayólica producen vajillas pintadas a mano, de tornasolados decorados policromos. Algunos motivos azules, obtenidos por el procedimiento de impresión en biscuit, recuerdan las antiguas mayólicas; pero por lo general estos productos van recubiertos simplemente de vidriados coloreados, mates o brillantes. Otras mayólicas se decoran sobre el vidriado ya cocido, a la manera de las porcelanas.

2. Tipos de mayólicas

Las mayólicas pueden dividirse en cinco grupos principales, según su constitución, la dureza de su pasta, su temperatura de cocción y su empleo:

- a) Mayólica dura
- b) Mayólica mixta
- c) Mayólica blanda
- d) Mayólica sanitaria
- e) Baldosas de mayólica

a) La *mayólica dura* se diferencia de las demás por la calidad de su base, que no se deja rayar por una punta de acero. El feldespató que entra en esta composición aglomera los granos y endurece la pasta durante la cocción del bizcocho, que varía entre 1.180 y 1.300°C. La temperatura de cocción del vidriado es de 1.050 a 1.180°C.

b) La *mayólica mixta* es un producto intermedio entre las pastas duras y las blandas. La raya una punta de acero. Cocciones: bizcocho, entre 1.050 y 1.180°C; vidriado, entre 1.000 y 1.100°C.

c) *Mayólica blanda*, llamada a menudo "tierra de pipa", se caracteriza por su pasta tan

calcárea. Es menos resistente que la mixta. Cocciones: bizcocho, entre 960 y 1.080°C; vidriado, como en el caso del bizcocho.

d) La *mayólica sanitaria* tiene una constitución parecida a la de la dura, de la que se diferencia no obstante en la gran proporción de chamota que, al proporcionar una especie de osamenta a la masa, sustituye a una gran cantidad de cuarzo.

e) Las *baldosas de mayólica* pertenecen por lo general a las pastas de mayólica dura o mixta. Su fabricación suele efectuarse por prensado en seco.

Nota: El aficionado puede distinguir fácilmente una pasta porosa de otra impermeable (gres o porcelana). Basta con poner una gota de tinta sobre una parte sin esmaltar de la pieza que se vaya a identificar: si la mancha de tinta desaparece al lavarla se trata sin duda alguna de un producto de estructura vitrificada.

3. Fórmulas generales

La composición racional de las pastas de mayólica más usuales se indica en la tabla siguiente:

Fórmulas generales			
Constituyentes	Mayólica dura	Mayólica mixta	Mayólica blanda
Caolinita	40-55 %	40-55 %	45-55 %
Cuarzo	42-52 %	40-48 %	30-45 %
Feldespató	3- 8 %	0- 4 %	-
Greda	0- 3 %	4- 8 %	10-30 %
Cocciones:			
Bizcocho	1.100-1.300°	1.050-1.180°	960-1.080°
Vidriado	1.050-1.180°	1.000-1.100°	960-1.080°

4. Materiales utilizados en las pastas de mayólica

La caolinita se introduce en forma de diversas arcillas refractarias, blancas al cocer,

acompañadas de caolín por lo general de segunda clase. Estos últimos componentes tienen por efecto blanquear la pasta, aumentando a la vez el volumen de la masa.

El cuarzo se puede aportar, en Francia, por la arena de Nemours o de Fontainebleau, o por la arena feldespática de Decize. En Inglaterra suele utilizarse el sílex calcinado (flint), que da una sílice muy estable y mejora la adaptación pasta-vidriado.

El feldespato se introduce en forma de pegmatita francesa o de Cornwall-stone de origen inglés. Estas rocas sílico-feldespáticas contienen aproximadamente un 25 por 100 de arena, pero el feldespato ortosa de los Pirineos o del Limousin suele ser preferible.

La greda, introducida en forma de roca calcárea molida, se llama carbonato cálcico. Su proporción varía, porque, cuanto más alta es la temperatura de cocción, más disminuye su cantidad. Se puede sustituir del 5 al 10 por 100 de cuarzo por bizcocho de mayólica machacado, siempre teniendo en cuenta su fórmula racional.

Para obtener mayólicas de color marfil se emplean arcillas y caolines que tienen un matiz crema después de la cocción. Si se quiere obtener pastas de mayólica más blancas se introduce en la masa una pequeña cantidad de óxido de cobalto (0,01 a 0,05 por 100), previamente mezclado a otros cuerpos, que después se calcina y machaca hasta convertirlo en polvo impalpable.

5. Barbotinas de moldeo

Las barbotinas de moldeo se elaboran añadiendo a 100 kg de pasta seca 0,1 a 0,4 por 100 de silicato o de carbonato sódicos puros o formil, que es un producto manufacturado.

No hay fórmula precisa para estas barbotinas, porque dependen no sólo de las arcillas que forman la pasta, sino de la naturaleza de los coloides que contienen. Para su preparación es útil hacer pasar los coloides del estado de "gel" al de "sol" por medio de una solución fluidificante constituida por álcalis, o en forma de tanino-sosa. Una plasticidad excesiva de la barbotina necesita la aportación del 10 al 20 por 100 de bizcocho machacado.

Observaciones: Sucede a menudo que las barbotinas queden llenas de burbujas llamadas "ojos de aguja", que recubren la superficie de los objetos moldeados. Este defecto puede provenir de las sales minerales encerradas en la arcilla o de la naturaleza del agua empleada o incluso de la viscosidad de la pasta. Hay que considerar tales productos como impropios para el moldeo.

6. Cocción

Como ya se ha dicho, la cocción del bizcocho de las mayólicas duras y mixtas se efectúa con una temperatura superior a la del vidriado. Por lo contrario, la pasta y el vidriado de las mayólicas blandas se cocen a temperaturas casi iguales, como la alfarería.

Tras haber sido formadas por calibración, modelado o moldeo, las mayólicas se llevan al horno para la cocción del bizcocho. Esta es siempre más lenta que la del vidriado, dependiendo la temperatura del tipo de pastas que se trate de fabricar. Si la cocción se hace con carbón, gas o fuelóleo hay ya una cierta experiencia para regular los quemadores, la atmósfera del horno y el tiro.

Las pastas muy blancas se obtienen manteniendo la atmósfera del horno ligeramente reductora durante una parte de la cocción del bizcocho. Este período de reducción se necesita para transformar la ínfima proporción de óxido férrico (Fe_2O_3) contenido en la masa en óxido ferroso (FeO), que en esta forma colorea menos la pasta

7. Decoración de las mayólicas

Los bizcochos de mayólica pueden decorarse con pincel, estarcido o impresión. Los colores empleados son pigmentos que tienen como base óxidos metálicos.

Cuando la decoración se obtiene por impresión (mediante placas de cobre grabadas) hay que hacer sufrir a los productos una cocción suplementaria de unos 600°C, operación necesaria para que la grasa usada en la preparación de los colores se quemé.

Las mayólicas se esmaltan a continuación por inmersión o por aspersión. Después se someten a la cocción del vidriado, durante un tiempo menor que el de la pasta. El vidriado más corriente es una mezcla calcinada plumbo-alcálico-borácica.

Algunas mayólicas llamadas "artísticas" se decoran a veces con esmaltes coloreados, cristalizados o mates. Las mayólicas se decoran también con pincel, sobre el vidriado ya cocido, con colores "vitrificables" o siguiendo el proceso rápido de la calcomanía. Estas mayólicas así decoradas se someten a una tercera cocción, alrededor de los 750°C, temperatura necesaria para obtener: por una parte, la vitrificación de los colores y, por otra, la adherencia de los oros.

8. La mayólica sanitaria

Los productos sanitarios se fabrican con una masa muy chamoteada, cuya composición se acerca a la de la mayólica dura. En alemán se designan con el nombre de "Feuerton". Esta pasta va remplazando cada vez más a los productos fabricados con mayólica dura.

Otra calidad de productos sanitarios se prepara con una pasta llamada "Vitreous-China", que corresponde a la composición de una porcelana o de un gres

Fabricación de productos de mayólica sanitaria por moldeo

La pasta, formada por una masa chamoteada, suele ir recubierta de un engobe blanco. Su fórmula racional se establece aproximadamente así:

60 caolinita	introducida en forma de:	38 arcillas y caolines 22 chamota
10 de feldespato		
30 de cuarzo		
<hr/> 100		

y corresponde a:

- 25 de arcillas refractarias plásticas
- 45 de caolines sin lavar
- 14 de chamota (granos de 1 a 3 mm)
- 8 de chamota (granos de 0 a 1 mm)
- 8 de feldespato

100

Después de su trituración las materias plásticas se introducen en el cilindro de Aising con una solución alcalina y una cantidad de agua aproximada del 30 por 100. A continuación se le añade la chamota. La barbotina así constituida pasa por un electroimán, que retiene las partículas férricas que pueda contener, y atravesando un tamiz se echa en una cubeta, donde un agitador mantiene la masa en suspensión. La barbotina queda ya lista para el moldeo.

Manufactura

Los productos se fabrican por moldeo. Los fregaderos y los lavabos se moldean y se sacan del molde 24 horas más tarde. Tras un primer retoque y fraguado en el taller, las piezas se introducen en un secador, por el que circula aire cálido y húmedo: esta operación exige unas cuarenta horas. Un molde de escayola admite por lo general unos 70 moldeos, por lo que hay que sustituirlos con mucha frecuencia.

Después del secado, para cubrir el color de la pasta, se le aplica un engobe blanco con pincel o por vaporización. Hay que prever varias capas sucesivas, teñidas con diversos colorantes, para poder conseguir un espesor uniforme.

Composición del engobe

20 de arcillas plásticas blancas	
60 de caolines sin lavar	
16 de feldespato	
4 de caolín calcinado	
<hr/> 100	

Estos materiales se machacan bien en un molino de guijarros. Para mejorar la adaptación pasta-cubierta, las últimas capas de engobe deben contener una cierta cantidad de cubierta.

El esmaltado se lleva a cabo sobre los productos secos, bien por inmersión, bien por vaporizador. El vidriado utilizado corresponde a la fórmula de una cubierta de porcelana blanda. Las mayólicas sanitarias sólo sufren una cocción, entre 1.250 y 1.350°C.

El horno-túnel eléctrico con vagonetas es el que se va usando cada vez más. La duración de la cocción varía entre 90 y 120 horas. La fabricación de estos productos queda facilitada por el empleo de una pasta floja, poco sensible a la merma y a las deformaciones.

9. Cálculo de las pastas

Los cálculos de las pastas cerámicas deben hacerse partiendo de una fórmula racional definida

La caolinita es siempre un componente que se aporta en forma de arcillas o caolines; el cuarzo, mediante la arena blanca; la greda, en su forma más pura.

En el ejemplo que damos a continuación se ha introducido la caolinita, para simplificar, usando una sola arcilla blanca.

Ejemplo de cálculo de una pasta de mayólica blanda (cocción del bizcocho, de 980 a 1.020°C)

Búsqueda de la composición ponderal de una pasta de mayólica que contiene los elementos previstos en la fórmula racional siguiente:

50 caolinita
30 cuarzo
20 greda
100

La caolinita la proporciona la arcilla refractaria para mayólica, de Lóthain, que contiene:

76 caolinita
24 cuarzo
100

El cuarzo está aportado por arena pura, tras la deducción del que contiene la arcilla.

a) Investigación de la cantidad de arcilla que debe preverse

76 kg de caolinita necesitan 100 kg de arcilla de Lóthain. Una simple regla de tres permite encontrar la cantidad de kilos de arcilla necesarios para el aporte de 50 kg de caolinita:

$$\frac{100 \times 50}{100} = 65,8 \text{ kg}$$

Se necesitarán, por tanto, 65,8 kg de arcilla.

b) Investigación de la cantidad de cuarzo aportado por la arcilla

100 kg de arcilla contienen 24 kg de cuarzo. Por consiguiente, resulta fácil hallar el peso de cuarzo aportado por la arcilla de Lóthain:

$$\frac{65,8 \times 24}{100} = 15,8 \text{ kg}$$

c) Cuarzo

Cantidad prevista:	30,0 kg
Aportado por la arcilla	- 15,8 kg
Se necesitan	14,2 kg

d) Greda

Cantidad prevista, 20 kg. Hacen falta todos. La composición de esta mayólica blanda será pues:

65,8 kg de arcilla de Lóthain (oscura)
14,2 kg de cuarzo (aportado por arena pura)
20,0 kg de greda
100,0 kg

Observaciones:

1. En la fórmula racional anterior consideramos útil señalar que el feldespato no se ha previsto en la pasta. La mayólica blanda se cuece a una temperatura aproximada de 1.000°C, por lo que el feldespato no puede ejercer su papel de fundente. En definitiva, aunque la arcilla empleada lo contenga, se añade al peso del cuarzo y se considera como tal.

2. En el ejemplo de mayólica mixta siguiente tenemos 50 kg de caolinita que hemos de aportar, de los que 30 están dados por el caolín China-Clay. Como este último está constituido prácticamente por 100 kg de caolinita, no necesita cálculo. Por lo contrario, el saldo (es decir, 20 kg de caolinita) lo aporta un peso de arcilla de Lóthain que hay que determinar, y se calcula como en el ejemplo anterior.

3. En los ejemplos siguientes se suprimirán las indicaciones de partes o kilos en las composiciones ponderales.

Ejemplo de cálculo de una pasta de mayólica mixta (cocción del bizcocho, 1.120 a 1.180°C)

Búsqueda de la composición ponderal partiendo de la fórmula racional que va a continuación:

50 de caolinita dados por	}	30 de caolín China-Clay 20 de arcilla de Lóthain
42 de cuarzo		
3 de feldespato		
<u>5 de greda</u>		
100		

Composición de las materias plásticas:

	caolinita	cuarzo	feldespato
Caolín China-Clay	100	—	—
Arcilla Lóthain oscura	76	22	2

a) Investigación de la cantidad de caolín y de arcilla que hay que aportar

Materiales

Caolín China-Clay Se necesitarán 30 kg
 Arcilla de Lóthain:
 ¿Qué cantidad habrá que prever para obtener 20 por 100 de caolinita?

$$\frac{100 \times 20}{76} = 26,3 \quad \text{Se necesitarán 26,3 kg}$$

b) Investigación de las cantidades de cuarzo y de feldespato contenidas en la arcilla

Cuarzo:

cantidad prevista: 42,0
 dada por la arcilla:

$$\frac{22 \times 26,3}{100} = 5,8 \quad \quad \quad \frac{- 5,8}{36,2}$$

Cuarzo que hay que añadir: Se necesitarán 36,2 kg

Feldespato:

cantidad prevista: 3,0
 dada por la arcilla:

$$\frac{2 \times 26,3}{100} = 0,5 \quad \quad \quad \frac{- 0,5}{2,5}$$

Se necesitarán 2,5 kg

c) Greda:

cantidad prevista: 5 kg

Se necesitarán 5,0 kg

Composición de una mayólica mixta:

30,0 kg de caolín China-Clay 26,3 kg de arcilla de Lóthain 36,2 kg de cuarzo (aportado por la arena pura)	}	a diluir
2,5 kg de feldespato		
<u>5,0 kg de greda</u>		
100,0 kg		

Observaciones:

En el próximo cálculo de mayólica dura, la caolinita necesaria la aporta un 18 por 100 de caolín China-Clay. Como este último produce un 100 por 100 de caolinita, no necesita cálculo alguno.

Por lo contrario, el 15 por 100 de caolinita está dado por la arcilla de Lóthain clara, y el resto (es decir, el 12 por 100) lo aporta la arcilla de Westerwald. Por consiguiente, *habrá que determinar estas cantidades de arcillas.*

El cuarzo previsto en la fórmula racional es del 48 por 100, lo que hace que se tenga que deducir el procedente de las dos arcillas citadas.

La misma operación hay que realizarla para obtener las pequeñas cantidades de feldespato aportadas por las arcillas.

Ejemplo de cálculo de una pasta de mayólica dura (cocción del bizcocho, 1.200 a 1.250°C)

Investigación de la fórmula ponderal partiendo de la fórmula racional siguiente:

45 de caolinita

dado por:

}	18 de caolín China-Clay 15 de arcilla de Lóthain (clara) 12 de arcilla de Westerwald
---	--

48 de cuarzo
7 de feldespato

100

Composición de las materias plásticas

	caolinita	cuarzo	feldespatos
caolín China-Clay	100	-	-
arcilla de Lóthain (clara)	60	38	2
arcilla de Westerwald	55	40	5

a) Investigación de las cantidades de caolín y de arcillas que hay que aportar

Materiales

Caolín China-Clay: Se necesitarán 18,0 kg
Arcilla de Lóthain (clara):
 ¿Qué cantidad hay que prever para obtener un 15 por 100 de caolinita?

$$\frac{100 \times 15}{60} = 25,0 \quad \text{Se necesitarán 25,0 kg}$$

Arcilla de Westerwald

¿Qué cantidad hay que prever para obtener un 12 por 100 de caolinita?

$$\frac{100 \times 12}{55} = 21,8 \quad \text{Se necesitarán 21,8 kg}$$

b) Investigación de la cantidad de cuarzo aportado por las dos arcillas

Cuarzo:

cantidad aportada por la arcilla de Lóthain:

$$\frac{38 \times 25}{100} = 9,5$$

cantidad aportada por la arcilla de Westerwald:

$$\frac{40 \times 21,8}{100} = 8,7$$

Cuarzo: cantidad prevista: 48,0 kg

cantidad aportada por las dos arcillas:

$$9,5 + 8,7 = 18,2 \quad -18,2 \text{ kg}$$

Saldo de cuarzo que hay que aportar: 29,8 kg

Se necesitarán 29,8 kg

c) Investigación de la cantidad de feldespatos aportado por las dos arcillas

Feldespatos dado por la arcilla de Lóthain:

$$\frac{2 \times 25}{100} = 0,5$$

dado por la arcilla de Westerwald:

$$\frac{5 \times 21,8}{100} = 1,1$$

Feldespatos: cantidad prevista 7,0 kg

cantidad aportada por las dos arcillas:

$$0,5 + 1,1 = 1,6 \quad -1,6 \text{ kg}$$

Saldo de feldespatos que hay que aportar: 5,4 kg

Se necesitarán 5,4 kg

Composición de una mayólica dura

- 18,0 kg de China-Clay
- 25,0 kg de arcilla Lóthain clara (diluir)
- 21,8 kg de arcilla de Westerwald
- 29,8 kg de cuarzo (en forma de arena) (machacar)
- 5,4 kg de feldespatos

100,0 kg

10. Corrección de las pastas

a) Para evitar el encogimiento de la pasta:

1. Disminución de las materias plásticas y aumento de la sílice, a veces incluso de la greda.
2. Sustitución de una parte del caolín por otra arcilla.
3. Reducción del feldespatos en las pastas no vitrificables.
4. Machacado más fino de la sílice.
5. Cocción más fuerte del bizcocho.

b) Para evitar el desconchado del vidriado:

1. Disminución del tiempo de trituración de la sílice.
2. Cocción del bizcocho a una temperatura menor.
3. Reducción de la sílice, pero aumentando proporcionalmente las materias plásticas.
4. Sustitución parcial de una arcilla por caolín.

Observaciones:

Hay que ser muy prudente en las modificaciones aportadas a las pastas. Se recomienda siempre hacer algunos ensayos previos con cantidades pequeñas.

Por lo general, es preferible *modificar la pasta* que hacerlo con el vidriado.

Estos ensayos se harán de una forma sistemática y se empezará siempre, en el caso de pastas de mayólica, por el machacado más fino de la sílice, que por sí solo permite en ocasiones corregir el resquebrajamiento.

De todos modos, hay que evitar un machacado excesivamente prolongado, que podría provocar el defecto opuesto: el desconchamiento llamado "pelado".

Los gres

1. Generalidades
2. Tipos de pastas de gres
3. Fórmulas generales
4. Clinkers
5. Gres comunes
6. Gres duros y blandos
7. Gres químicos
8. Gres para baldosas de pavimentación
9. Cálculos de pastas
10. Corrección de las pastas

1. Generalidades

El gres se distingue de los demás productos cerámicos por su estructura impermeable, vitrificada, y por su opacidad. Se trata de una pasta llamada "cerrada".

Los primeros gres son de origen chino, como la porcelana, aunque probablemente hayan precedido a ésta. No se esmaltaban, porque las arcillas utilizadas le prestaban a la pasta un cierto brillo, acentuado más aún por la cocción en un horno alimentado con leña.

En la Edad Media se edificaron en Alemania pequeñas fábricas de gres en el Westerwald, región rica en arcilla refractaria gresificable. Un poco más tarde aparecen fábricas en Francia, en el Beauvaisis. Hacia el siglo XV los gres empiezan a revestirse de una cubierta salina que facilita la limpieza de los objetos y les da un cierto brillo.

Resumiendo, se llama gres cualquier pasta de textura vitrificable cuya cocción entre 1.150 y 1.350°C le proporcione un matiz gris, marfil, gamuza o castaño.

2. Tipos de pastas de gres

Los gres se destinan a usos utilitarios, decorativos e industriales. Su constitución varía de acuerdo con su empleo. Se distinguen dos grupos principales:

a) Grupo de los gres naturales

1. Clinkers
2. Gres comunes

b) Grupo de los gres compuestos

1. Gres finos duros
2. Gres finos blandos
3. Gres químicos
4. Gres de solados

Estas diversas pastas están constituidas por varias clases de arcillas habitualmente vitrificables y por caolines mezclados de arena y feldespato. (Este último es el fundente más utilizado, porque admite grandes márgenes de temperatura sin riesgo de fusión rápida.) Los gres blandos se diferencian entre sí por su temperatura de cocción: por lo general su-

fren una cocción de temple antes de aplicarles la cubierta. Por lo contrario, los gres industriales se someten a una sola cocción.

La constitución racional de las pastas más corrientes se indica en la tabla del apartado siguiente.

3. Fórmulas generales

Constituyentes	Clinkers	Gres naturales	Gres duros	Gres blandos
Caolinita	30-60	aprox. 55	40-50 %	25-40 %
Cuarzo	30-40	40	40-45 %	30-45 %
Feldespatos	5-15	5	8-20 %	20-35 %
Greda magnésica	—	—	—	0-2 %
Cocción:				
Temple	—	—	800°	800°
Cubierta	1.050-1.200°	1.150-1.250°	1.250-1.350°	1.150-1.250°

4. Clinkers

Estos productos, cuya pasta puede estar coloreada natural o artificialmente con óxidos colorantes, se cuecen entre 1.050 y 1.200°C. No son totalmente vitrificados y su poder absorbente de agua puede llegar hasta el 6 por 100 de su peso. La composición racional, la preparación de la pasta y la fabricación de productos de clinker pertenecen a la fabricación de la alfarería común y a la de los gres de canalización.

Hemos de señalar que los clinkers de coloración roja están formados por una mezcla de arcillas ferruginosas poco fusibles. El óxido férrico Fe_2O_3 , variable entre el 5 y el 15 por 100, tiene el papel de gresificante. Por otra parte, en las pastas blancas o ligeramente teñidas la fusibilidad se debe a la presencia de feldespatos.

5. Gres comunes

Se reconocen por su cubierta de aspecto ligeramente granuloso, a menudo gris-azulado o pardo. Se fabrican mucho en Alemania en la región del Westerwald, y en Francia en el Beauvaisis. Su pasta se compone simplemente de una mezcla de dos o tres arcillas refractarias vitrificables, más o menos plásticas,

que proceden directamente de las canteras próximas.

Estas arcillas corresponden a una composición racional aproximada del 55 por 100 de caolinita, 40 por 100 de cuarzo y 5 por 100 de feldespatos, y tienen la propiedad de gresificarse entre 1.100 y 1.200°C. Listas para su empleo ya desde la salida del mezclador, no suelen sufrir dilución ni fraguado previos, habida cuenta de su estado de pureza.

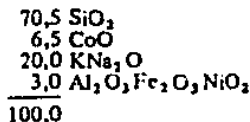
Las arcillas del Westerwald son de muy buena calidad y su composición corresponde aproximadamente a un 65 por 100 de caolinita, un 30 por 100 de cuarzo y un 5 por 100 de feldespatos. Además contienen del 15 al 20 por 100 de impurezas tales como mica, pinitas, etc., materias que el análisis racional no indica pero que tienen su importancia en la vitificación de la arcilla.

Para conseguir una buena cubierta por el proceso de la volatilización de sal marina (CINa), la pasta ha de contener un 60 por 100 aproximadamente de sílice.

La manufactura del gres se hace por modelado o torneado, ya que las arcillas del Westerwald apenas se prestan al procedimiento del moldeo. Las piezas torneadas no suelen sufrir "tournassage". La fabricación compren-

de objetos de uso corriente (barreños, vasos de cerveza, saleros, cántaros, etc.). El calibrado y el modelado son los sistemas que se utilizan más a menudo.

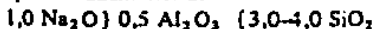
La decoración, sencilla e ingenua, se hace con pincel sobre los productos secos, con óxido de cobalto para el azul y bióxido de manganeso para el violeta. Estos óxidos se mezclan a una cantidad pequeña de esmalte alcalino. Para el azul se suele usar el *smalt*, producto de venta en el comercio, cuya fórmula responde a:



El contorno de la decoración se afirma previamente con un trazo grabado por medio de una punta de madera, cuando los productos sólo están fraguados. La cocción suele efectuarse en hornos horizontales de llama directa, siendo la leña el combustible usado por lo general. La colocación en el horno se hace en carga por lo que se refiere a las piezas ordinarias; las artísticas por su parte se introducen en cajitas o recipientes de gres, de paredes perforadas, que permiten el esmaltado por volatilización.

Los gres naturales raramente se esmaltan por inmersión. El esmaltado de los productos por salamiento se obtiene echando dos veces, al final de la cocción (hacia los 1.200°C) sal marina en el horno, valiéndose para ello de los orificios reservados a esta operación, y a veces incluso en las bocas. En tales temperaturas la sal se volatiliza, el sodio se combina con la sílice y la alúmina de la arcilla, formando un silicato doble de sodio y aluminio; el cloro, por su parte, se evapora.

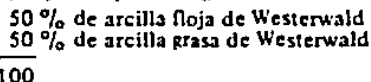
La fórmula de esta cubierta corresponde aproximadamente a:



Para el esmaltado de los productos destinados a un horno de 10 m^3 bastan 240 kg de sal. La duración de la cocción es de unas 60 horas.

Esta cubierta, examinada con lupa, permite comprobar la formación de minúsculas superficies esmaltadas que tienen encogimientos debidos al carácter alcalino del vidriado. Estas imperfecciones, invisibles a simple vista, no presentan ningún inconveniente, dado que el objetivo principal del vidriado de los productos vitrificados es el de facilitar su limpieza.

Ejemplo de pasta de gres común:



Los gres de canalización se preparan con una pasta muy parecida a la de los comunes, pero menos plástica. Las tuberías se hacen con prensa en el caso de los calibres pequeños, y en la hilera circular en los calibres que pueden llegar al metro de diámetro. Los tubos bifurcados se proveen de sus rebordes mediante pegado. Estos gres se revisten a veces durante la cocción con un vidriado obtenido por salamiento.

6. Gres duros y blandos

La pasta de estos gres se fabrica lo mismo que la de la mayólica: la caolinita se aporta en forma de varias arcillas refractarias (de ser posible, gresificables) y a veces caolín; el cuarzo entra en forma de arena, y el feldespato suele incorporarse, por economía, en forma de pegmatita.

Como la pasta de los gres compuestos tiene después de la cocción un color beige, gris o castaño claro, no necesita el empleo de materiales de primera calidad. Por lo contrario, a algunas de las masas se les añade un 2 por 100 de elmenita (mineral que contiene hierro y titanio) o cascajo de ladrillo rojo para obtener pastas de textura salpicada. Estos productos influyen en las cubiertas de altas temperaturas, produciendo por transparencia manchas de un efecto muy bello. La cocción de temple se efectúa a una temperatura de 800°C aproximadamente, y después, tras el esmaltado por inmersión, estos gres sufren otra cocción entre 1.120 y 1.350°C .

Los hornos utilizados son de llama invertida, calentados con leña, carbón, mazut o gas. Estos gres se cuecen en cajas. Algunas fábricas usan hornos eléctricos. La decoración se efectúa en los productos que ya han sufrido la templa, y recuerda un poco la pintura de las mayólicas duras, a pesar de su paleta algo más reducida. A veces se aplican sobre la decoración esmaltes mates o coloreados, que producen tras la cocción unos efectos muy agradables. También se emplean mucho los colores "bajo cubierta", pero asimismo se pueden decorar con "pasta sobre pasta". Este procedimiento, que recuerda a la decoración con engobes de la alfarería común, consiste en mezclar una pasta de gres de color blanco con un 5 a 20 por 100 de pigmento. Los gres se decoran en ocasiones con colores vitrificables, proceso que exige una tercera cocción.

La cubierta de un gres fino tiene por lo general la misma composición química que la de una porcelana, con iguales temperaturas de cocción. En estas pastas se aplican a veces muy bien algunos esmaltes calcinados de mayólica dura. Los gres se cuecen por lo general en monococción.

7. Gres químicos

Estos gres forman un grupo importante en la industria cerámica, ya que se prestan muy bien para la fabricación de los recipientes y aparatos utilizados en la industria química. Además de su resistencia a los ácidos, pueden aguantar variaciones de temperatura y de presión determinadas sin correr el riesgo de estropearse.

Estas múltiples cualidades permiten una fabricación muy variada en una amplia escala: tuberías especiales, serpentines, mezcladores, condensadores, bombas de ácidos, grifería, etcétera.

La caolinita se aporta en forma de arcillas vitrificables refractarias y cascajo procedente a menudo de desechos de la misma pasta. La proporción de este cascajo varía entre el 10 y el 30 por 100. El grosor del grano y la preparación de la pasta tienen mucha influencia en la calidad de los productos. El cascajo o los tiestos machacados deben poder pasar

por el tamiz DIN n.º 12, grano 0,5. El cuarzo se aporta a veces mediante arenas feldespáticas. Puede verse la sustitución del feldespato por pegmatita o sienita nefelínica.

Como la confección de las piezas es la parte más delicada de la fabricación, se utilizan todos los procedimientos manuales o mecánicos. En el caso de recipientes grandes se usa mucho la *manufactura en palomar*, ya que aquellos pueden llegar a capacidades de 5.000 litros; los serpentines se hacen con hilera horizontal y se enrollan en un soporte de pasta templada o fraguada.

El secado es lento y delicado: algunas piezas se colocan en un ruedo de pasta cruda que tenga la misma merma que los productos que se van a cocer, con lo que se evita el defecto de las hendiduras; conviene enarenar estos ruedos antes de colocar en ellos las piezas listas para el secado. Estos productos se cuecen en monococción, en hornos intermitentes, lo mismo que los gres de arquitectura. La hornada se hace en carga con los gres salados, y en cajas los productos con vidriado o sin él.

Después de la cocción una parte de estos gres se rectifican con muelas de carburo de formas y granulaciones varias.

8. Gres para baldosas de pavimentación

Las pastas de gres usadas para estas baldosas, llamadas en ocasiones "gres cerámico", se forman con arcillas vitrificables de arena, de feldespato o de rocas feldespáticas, a veces de poca calidad. Las pastas que tienen por base arcillas blancas contienen de 0,5 a 1,5 por 100 de Fe_2O_3 , pero suelen estar coloreadas con óxidos metálicos: el azul, con óxido de cobalto (1 a 2 por 100); el verde, con una mezcla de óxido de cromo (1 por 100) y óxido de cobalto (0,5 por 100); el gris, con cromato de hierro (2 a 6 por 100), etc.

En las baldosas coloreadas de pardo rojizo se emplean arcillas ferruginosas poco fusibles, que contienen del 8 al 12 por 100 de óxidos de hierro; el negro se obtiene añadiendo manganeso y cromato de hierro. La cocción de estas baldosas se efectúa en atmósfera oxidante, entre 1.050 y 1.250°C.

Las pastas blancas y coloreadas se preparan por vía húmeda; la pasta procedente de los filtros-prensas se seca, machaca, tamiza y humidifica con un 6 por 100 de agua aproximadamente. Los efectos jaspeados se obtienen con pasta blanca ligeramente granulosa mezclada a otras pastas coloreadas; el resto de la baldosa se completa con pasta ordinaria.

Las baldosas se confeccionan por prensado, y se someten a dos presiones: la primera, a 50 atmósferas, con el fin de eliminar el aire de la pasta; la segunda, a 200 aproximadamente. Una prensa semiautomática, accionada por dos o tres obreros, llega a producir en 8 horas 50 m², es decir 5.000 baldosas de 10 X 10 cm por mueña. Una prensa puede contener hasta 6 mueñas.

En ocasiones las baldosas se colocan en cajas que se ponen en vagonetas, para sufrir así un secado lento, de unos dos días de duración. Una vez terminada esta operación, las vagonetas pasan al horno-túnel para permitir a los productos sufrir la temperatura de vitrificación. Muchas veces se emplean hornos intermitentes, de llama invertida, o de paso, alimentados con mazut, nafta, carbón, etc., que dan excelentes resultados. La cocción lenta permite hacer variar con más facilidad la atmósfera del horno.

A su salida, las baldosas se seleccionan y clasifican por su coloración.

9. Cálculos de pasta de un gres duro (cocción entre 1.250 y 1.300°C)

Investigación de la composición ponderal, partiendo de la fórmula racional siguiente:

46 de caolinita
42 de cuarzo
12 de feldespato
<hr/>
100

La totalidad de la caolinita está dada por la arcilla de Westerwald, constituida por:

55 de caolinita
40 de cuarzo
5 de feldespato
<hr/>
100

a) Arcilla de Westerwald Materiales

¿Qué cantidad habrá que prever para obtener un 46 por 100 de caolinita?

$$\frac{100 \times 46}{55} = 83,63 \text{ kg Se necesitarán } 83,63 \text{ kg}$$

b) Cuarzo

¿Cuál es la cantidad aportada por 83,63 kg de arcilla?

$$\frac{40 \times 83,63}{100} = 33,45 \text{ kg}$$

Cantidad prevista: 42,0 - 33,45 = 8,55 kg.

Resto necesario: Se necesitarán 8,55 kg

c) Feldespato

¿Cuál es la cantidad introducida por 83,63 kg de arcilla?

$$\frac{5 \times 83,63}{100} = 4,18 \text{ kg}$$

Cantidad prevista: 12 - 4,18 = 7,82 kg.

Saldo a introducir: Se necesitarán 7,82 kg

Composición:

Arcilla de Westerwald	83,63 kg
Cuarzo (aportado por arena pura)	8,55 kg
Feldespato	7,82 kg
	<hr/>
	100,00 kg

Cálculos de una pasta de gres blando: (cocción entre 1.150 y 1.250°C)

Investigación de la composición ponderal partiendo de la fórmula racional siguiente:

50 de caolinita	}	7 de caolín de Zettlitz
aportada por		22 de arcilla floja de Westerwald
30 de cuarzo		21 de arcilla grasa de Siershahn
20 de feldespato		
<hr/>		100

Composición de las materias plásticas:

	caolinita	cuarzo	feldespato
Caolín de Zettlitz	100	—	—
Arcilla floja de Westerwald	55	40	5
Arcilla grasa de Siershahn	70	28	2

Materiales

a) *Caolín de Zettlitz* Se necesitarán 7 kg

b) *Arcilla floja de Westerwald*

¿Qué cantidad habrá que prever para obtener 22 kg de caolinita?

$$\frac{100 \times 22}{55} = 40 \text{ kg} \quad \text{Se necesitarán 40 kg}$$

c) *Arcilla grasa de Siershahn*

¿Qué cantidad hay que prever para obtener 21 kg de caolinita?

$$\frac{100 \times 21}{70} = 30 \text{ kg} \quad \text{Se necesitarán 30 kg}$$

d) *Cuarzo*

Para hallar el cuarzo aportado por las dos arcillas:

Cantidad aportada por 40 kg de arcilla de Westerwald

$$\frac{40 \times 40}{100} = 16 \text{ kg}$$

Cantidad aportada por 30 kg de arcilla de Siershahn

$$\frac{28 \times 30}{100} = 8,40 \text{ kg}$$

Cantidad prevista en total: 30,00 kg

Cantidad aportada por las dos arcillas:

$$16 + 8,40 = 24,40 \text{ kg} \quad - 24,40 \text{ kg}$$

Saldo de cuarzo que hay que añadir: 5,60 kg
Se necesitarán 5,60 kg

e) *Feldespatos*

Para hallar el feldespatos aportado por las dos arcillas:

¿Cuál es la cantidad introducida por el 40 por 100 de arcilla de Westerwald?

$$\frac{40 \times 5}{100} = 2 \text{ kg}$$

¿Cuál es la cantidad aportada por 30 por 100 de arcilla de Siershahn?

$$\frac{2,0 \times 30}{100} = 0,60 \text{ kg}$$

Cantidad prevista en total: 20,00 kg

Feldespatos aportados por las dos arcillas:

$$2 + 0,60 = 2,60 \text{ kg} \quad - 2,60 \text{ kg}$$

Cantidad de feldespatos que hay que añadir: 17,40 kg

Se necesitan 17,40 kg

Composición ponderal:

Caolín de Zettlitz	7,00 kg
Arcilla de Westerwald	40,00 kg
Arcilla de Siershahn	30,00 kg
Cuarzo	5,60 kg
Feldespatos	17,40 kg
	<hr/>
	100,00 kg

10. Corrección de las pastas

1. Pastas de gres comunes:

a) Para hacer una pasta más floja: reemplazar del 10 al 40 por 100 de arcilla plástica por la misma cantidad de arcilla silicosa.

b) Para colorear una pasta de pardo-rojizo: sustituir del 5 al 10 por 100 de arcilla plástica por otra ferruginosa (sin caliza).

2. Pastas de gres compuestos:

(para evitar el encogimiento de la cubierta)

a) Reducción de las materias plásticas y aumento de la sílice.

b) Sustitución del caolín por otra arcilla.

c) Aumento del feldespatos.

d) Reducción de la temperatura de cocción.

Observaciones:

Hay que hacer notar que una reducción excesiva, al principio de la cocción, puede depositar carbono en los poros de los productos. Durante la cocción se desprende óxido de carbono, que se transforma en gas carbónico (anhídrido carbónico). Este último, al escaparse a través de la cubierta, puede provocar burbujas.

Las porcelanas

1. Generalidades
2. Tipos de porcelanas
3. Fórmulas generales
4. Temperaturas de cocción
5. La porcelana dura
6. Las porcelanas blandas
 - a) Francesa
 - b) Inglesa
 - c) Alemana
 - d) Vitreous-China
7. Pastas de moldeo
8. Decoración de las porcelanas
9. Fabricación de las porcelanas especiales
 - a) Pasta electrotécnica
 - b) Pastas a base de talco o de cordierita
 - c) Productos sanitarios
10. Cálculos de las pastas
11. Correcciones de las pastas

1. Generalidades

Las porcelanas son productos de pasta blanca vitrificada, homogénea y traslúcida si su espesor no excede de 3 mm. Su temperatura de cocción puede variar entre 1.250 y 1.460°C, según la dureza y la calidad buscada. Esta pasta no se raya con la punta de acero y se llama "cerrada", al igual que la de los gres.

La base plástica de las pastas de porcelana se compone principalmente de caolines que dan al cocer una pasta muy blanca, a los que se les ha agregado a veces una pequeña cantidad de arcilla muy plástica, de primera calidad. Los demás componentes son esencialmente el cuarzo y el feldespato, el último de los cuales hace el papel de fundente, disolviendo durante la cocción el caolín y el cuarzo, transformándolos en una masa impermeable, vítrea y traslúcida.

Las primeras porcelanas eran pastas blandas que procedían sobre todo de China y fueron descubiertas unos 2.000 años antes de Cristo. Consistían en caolín importado de las canteras de Kaoling, situadas en la provincia de Kiangsi. Los emperadores chinos poseían sus propias manufacturas, razón por la cual las porcelanas se clasifican según las dinastías reinantes: Tang, Sung, Ming, etc.

El descubrimiento de la ruta marítima de las Indias en el siglo XVI favoreció las exportaciones de porcelana a Europa. Por aquella época estos productos se vendían por su peso en oro. Compréndese pues por qué los alquimistas de entonces se apasionaron tanto por el descubrimiento de esta noble materia.

En 1709, Boettger, reanudando los experimentos de Tschirnhausen, consiguió fabricar en Meissen una pasta de porcelana blanca, con el caolín descubierto en la región. Poco tiempo después se erigió en Meissen la primera fábrica de porcelana dura. A continuación se crearon otras manufacturas en toda Europa: Sévres, Limoges, Copenhague, Berlín, Viena y Chelsea. En Suiza no hemos de olvi-

dar las manufacturas de Nyon y Zurich, hoy desaparecidas, pero que tuvieron en el pasado un renombre mundial, que aún se conserva en nuestros días. A principios de siglo fueron sucedidas por la importante fábrica de porcelana de Langenthal, que ha sabido imponerse ofreciendo productos de gran calidad.

2. Tipos de porcelanas

Las porcelanas se pueden clasificar en cuatro grupos principales, según su composición, su temperatura de cocción y su empleo.

Las *porcelanas duras*, que son las fabricadas más frecuentemente debido a la resistencia de su pasta y a su cocción con alta temperatura.

Las *porcelanas blandas*, actualmente menos fabricadas y cuya composición varía a menudo según el país de origen (Francia, Inglaterra, Alemania).

El "*Vitreous-China*", porcelana que por lo general se clasifica en el grupo de pastas blandas, y que parece irse imponiendo cada vez más.

Las *porcelanas especiales*, cuya pasta tiene que corresponder a utilizaciones técnicas muy precisas:

- a) pastas electrotécnicas,
- b) pastas a base de esteatita o de cordierita,
- c) porcelanas sanitarias.

Las fórmulas generales de las pastas más corrientes se dan en la tabla del apartado siguiente.

3. Fórmulas generales

Constituyentes	Porcelanas duras	Vitreous-China	Porcelanas blandas
Caolinita	45-55 %	35-45 %	25-40 %
Cuarzo	25-35 %	30-40 %	30-45 %
Feldespato	20-30 %	20-30 %	30-40 %
Greda, magnesia, frita	—	—	0- 2 %
Cocciones			
Templa	800°	—	800°
Cubierta	1.380-1.460°	1.260-1.320°	1.250-1.300°

4. Temperaturas de cocción

Con excepción de la porcelana blanda inglesa, las pastas de porcelana se cuecen una primera vez a unos 800°C, para darles una templa. Esta operación tiene por objeto reafirmar la pasta tan quebradiza de los productos manufacturados, de poco espesor, y facilitar el esmaltado por el procedimiento de la inmersión. La segunda cocción varía de 1.250 a 1.450°C, según el tipo de porcelana.

En altas temperaturas la pasta y la cubierta se cuecen al mismo tiempo. La pasta adquiere

una estructura vitrificada y traslúcida: la cubierta queda íntimamente unida a la base, hasta el punto de parecer formar parte integrante de la pasta. Por lo contrario, la mayólica blanca ofrece un vidriado que parece estar aplicado sobre la pasta como una película de vidrio.

5. La porcelana dura

En esta pasta, como en las diferentes porcelanas, la caolinita se aporta en forma de va-

rios caolines que dan al cocerse un color muy blanco. En Francia los yacimientos más conocidos se encuentran en el Limousin y el Berry, en Bretaña y en Normandía; en Alemania son los de la región de Meissen, de Halle en el Harz y de Passau en Baviera.

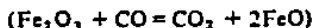
Los caolines más puros proceden de Checoslovaquia, bien de Zettlitz, bien de Carlsbad. En Inglaterra los caolines de Cornualles y la China-Clay entran muchas veces en la preparación de las pastas, acompañados en ocasiones de la excelente arcilla "Ball Clay". Este aporte de arcilla plástica puede variar del 3 al 15 por 100 y se impone si los caolines usados son poco plásticos y si no se busca la blancura inmaculada de la pasta. No es raro que haya que hallar un término medio entre la suavidad de la pasta, necesaria para manufacturar, y la blancura resultante de la cocción.

Las otras materias complementarias son: las arenas cuarzosas de Nemours o de Fontainebleau, y los feldspatos de los Pirineos y otras regiones de Francia; las arenas de Hohenbocka en Alemania y los feldspatos de Checoslovaquia. También son muy apreciados los de Noruega. La sienita nefelínica, más fusible que los feldspatos, entra a veces en la composición de las diversas pastas.

Todas las pastas cerámicas deben sufrir un cierto envejecimiento, que mejora siempre la plasticidad. La elaboración de una pasta de porcelana resulta relativamente fácil gracias a la cantidad tan limitada de sus componentes.

Pero hay que hacer frente a dos inconvenientes: obtener, por un lado, una pasta blanca vitrificada y traslúcida, capaz de soportar altas temperaturas, y, por otro, evitar las deformaciones y desplomes que aparecen fácilmente durante la cocción. Por eso hay que estudiar con atención las formas, si se quiere facilitar la hornada delicada de los productos. El arte de cocer se basa en la vigilancia atenta de la atmósfera del horno, en un tiempo determinado. A esta operación se le llama *maduración*. Para obtener productos muy blancos la porcelana debe cocerse en atmós-

feras reductoras entre 1.040 y 1.120°C. Esta operación transforma la ínfima cantidad de óxido férrico (Fe_2O_3) que hay en óxido ferroso (FeO), que aporta a la base una ligera tonalidad azulada cuyo efecto es el de acentuar el brillo del blanco:



Hacia 1.200°C la atmósfera del horno se hace otra vez oxidante, para quedar neutra al final de la cocción.

A título indicativo, una pasta de porcelana desprovista de vidriado pero cocida en alta temperatura se llama a veces de manera impropia "biscuit de porcelana": el término técnico es *parán* (del griego *paros* = mármol). Esta pasta impermeable recuerda el mármol de matiz cálido. El *parán* se emplea en la fabricación de estatuillas.

6. Las porcelanas blandas

Estas porcelanas, pocas veces fabricadas en nuestros días, ofrecen menor resistencia a los choques y se utilizaron sobre todo en el terreno artístico para permitir a los decoradores el empleo de colores tan bellos como variados, bien en "pasta sobre pasta", bien con pigmentos "bajo cubierta".

Hay cuatro clases principales de porcelanas blandas:

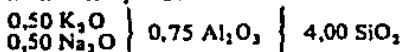
- a) la porcelana blanda francesa (a base de una frita alcalina), llamada "Nueva de Sèvres";
- b) la porcelana blanda inglesa (fosfática);
- c) la porcelana blanda alemana de "Seeger" (arcillo-feldespática);
- d) la "Vitreous-China".

De los tres primeros tipos de porcelana, la pasta blanda de "Seeger" parece ser la más fácil de conseguir.

a) Porcelana blanda francesa

Esta pasta fue puesta a punto por la manufactura de Sèvres. Se quería crear una pasta muy blanca hacia 1.280°C, para obtener una porcelana semejante a la fabricada en otros tiempos por los chinos. En la constitución de

la masa el feldespato ortosa ($K_2O Al_2O_3 6SiO_2$) se ha sustituido por una *frita alcalina* más fusible que un feldespato cuya fórmula corresponde a:



Los demás constituyentes de esta porcelana son los caolines y el cuarzo. Hemos de señalar que las porcelanas dentales se componen de un modo parecido.

b) Porcelana blanda inglesa

El elemento fusible de esta pasta es el *fosfato cálcico*, añadido a una cierta proporción de feldespato. La composición se completa con cuarzo, caolín y a veces arcillas blancas.

Esta pasta especial se cuece por primera vez entre 1.260 y 1.280°C, pero debe quedar ligeramente porosa para permitir el esmaltado, sin que deje de ser translúcida. La cocción de la cubierta tiene lugar hacia los 1.100°C y su fórmula corresponde a la de un vidrioado de mayólica dura.

c) Porcelana blanda llamada de "Seger"

Esta pasta recuerda la composición de una porcelana dura en la que se ha aumentado la cantidad de feldespato en detrimento de la caolinita. Esta masa, rica en cuarzo y en feldespato, tiene poca plasticidad. Para paliar este inconveniente se aporta caolinita en forma de arcillas muy plásticas, de primerísima calidad, mezcladas con diferentes caolines.

La translucidez de la pasta es proporcional a la cantidad de feldespato. Para aumentar la fusibilidad se le puede aportar de 0,5 a 2 por 100 de greda, de magnesia y en ocasiones de óxido de cinc. Algunas de estas materias aumentan la fusibilidad, pero pueden provocar burbujas.

Con temperaturas inferiores a los 1.300°C es difícil obtener porcelanas perfectamente blancas: siempre serán de un tono ligeramente rosado o marfil, sobre todo si la cocción se efectúa en un horno eléctrico, con atmósfera oxidante.

Aunque en el pasado la producción de porcelana blanda tenía una cierta importancia en

Europa, se comprueba que tiende a desaparecer en nuestros días, dejando paso a la dura y a la "Vitreous-China".

d) La "Vitreous-China"

Se emplea sobre todo esta pasta en la fabricación de vajillas para la industria hostelera y en la de productos sanitarios. Su composición pertenece a la de la porcelana de "Seger", aunque se diferencia de ella en que se cuece, así como la cubierta, en monococción entre 1.260 y 1.320°C. El esmaltado se efectúa sobre los productos crudos, por lo que no permite la fabricación de piezas muy finas.

7. Pastas de moldeo

Las pastas de porcelana, de constitución relativamente floja, dan buenas barbotinas para el moldeo. Por lo general se añade a 100 kg de pasta seca de 0,1 a 0,2 por 100 de carbonato sódico y de 35 a 50 por 100 de agua. Si la barbotina carece de plasticidad se le puede agregar un 0,5 por 100 de ácido bórico para evitar que estas materias desengrasantes se depositen con excesiva rapidez.

8. Decoración de las porcelanas

Las porcelanas suelen decorarse con colores vitrificables, también llamados "colores de mufla", que se preparan con óxidos metálicos mezclados a un fundente, por lo general borácico. Este último sirve para fijar el color en la porcelana, entre 600 y 750°C, estando su composición de acuerdo con el matiz que se busque.

Los colores, finamente machacados, se mezclan con grasa de trementina, que permitirá la aplicación con pincel en la porcelana cocida y esmaltada. El procedimiento de la calcomanía se emplea mucho sobre cubierta y bajo ella, habida cuenta de su escaso precio de coste.

La pintura bajo cubierta, generalmente azul, proporciona una decoración inalterable de un hermoso efecto decorativo. La paleta de los colores destinados a la porcelana dura

ofrece menos posibilidades, ya que la temperatura de cocción llega a las proximidades de los 1.400°C. Los colores que mejor resisten estas temperaturas son esencialmente el azul, el pardo, el negro y un cierto verde de óxido de cromo. Por lo contrario, la porcelana blanda permite una amplia elección de colores.

La decoración de pasta sobre pasta se emplea en las piezas artísticas. En este caso el colorante o el óxido metálico (del 5 al 20 por 100) se mezcla a la pasta de porcelana.

9. Fabricación de las porcelanas especiales

a) Pastas electrotécnicas

Pertenecen al grupo de las porcelanas blandas y duras, en las que las arcillas se han sustituido parcialmente por caolines. En ocasiones, una parte del feldespato se reemplaza por sienita nefelínica o por talco. La confección de los aisladores se hace por estirado, calibración y torneado, pero muchas de las piezas se moldean o fabrican en seco. El esmalado se efectúa en productos secos con una cubierta alcalina coloreada, muchas veces, en castaño, cuando es de base de arcilla ferruginosa, o verde si su base es de óxido de cromo.

Tras la cocción estos productos se controlan por medios mecánicos y eléctricos.

b) Pastas a base de talco y de cordierita

Los productos llamados "esteatitas" se preparan habitualmente con un aporte de talco o de esteatita machacada ($3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$), mezclada con un aglomerante arcilloso. La manufactura se hace generalmente por prensado en seco. Sólo hace falta una cocción entre 1.250 y 1.400°C. Estas esteatitas, de gran aislamiento, permiten obtener productos de dimensiones muy exactas y de una gran resistencia mecánica.

Para los cuerpos de caldeo la pasta fabricada sólo contiene del 20 al 30 por 100 de talco, estando formado el resto de la composición por arcillas refractarias y chamota.

Los productos a base de cordierita ($2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$) están constituidos básica-

mente por una mezcla aproximada del 40 por 100 de talco, 47 por 100 de arcillas refractarias y 13 por 100 de corindón. Estas pastas, manufacturadas como las esteatitas, sólo sufren una cocción hacia 1.400°C. En la industria del material para laboratorios, radio, bujías de motores de explosión, etc., la cordierita se emplea cada vez más en vista de su escaso coeficiente de dilatación (0,5 a 1 por 100).

c) Productos sanitarios

Su fórmula racional corresponde a la de una pasta de porcelana blanda, en la que la caolinita se introduce esencialmente por arcillas refractarias blancas. Por lo general se fabrican con Vitreous-China. Además del cuarzo y del feldespato, puede entrar en la composición de la pasta cascajo machacado y en ocasiones también dolomita.

Tras el lavado y pulverizado de las materias desengrasantes, la barbotina pasa por un electroimán y a continuación por un tamiz de 1.600 mallas por cm^2 . La pasta así preparada se deja fraguar en el filtro-prensa, y después pasa al mezclador-desaireador. En el caso de las pastas de moldeo las tortas se diluyen otra vez en una solución alcalina para formar la barbotina de moldeo, cuyo contenido de agua es en promedio del 30 por 100. El tiempo de moldeo de un lavabo varía entre 2 y 3 horas, tras de lo cual se vacía el molde. El espesor de la pasta es de 1 cm aproximadamente. Las piezas desmoldeadas el mismo día se someten al desbarbado y al revestimiento. La desecación se hace primeramente en el taller, y después en un secador de aire acondicionado.

Una vez terminada la deshidratación se procede al esmaltado por inmersión o vaporización.

A continuación las piezas se colocan cuidadosamente en las vagonetas de un horno-túnel (de gas o eléctrico), para sufrir en él una sola cocción entre 1.260 y 1.320°C. Las deformaciones que sufren las pastas vitrificadas hacen que la puesta en horno resulte una operación delicada, que exige al mismo tiempo un material apropiado.

10. Cálculos de pastas

Pasta de porcelana dura

Investigación de la composición ponderal partiendo de la fórmula racional siguiente:

50 de caolinita dada por	}	20 de caolín de Zettlitz 30 de caolín de Halle
26 de cuarzo		
24 de feldespato		
100		

Composición de las materias plásticas:

	caolinita	cuarzo	feldespato
Caolín de Zettlitz	100	—	—
Caolín de Halle	66	32	2
<i>Materiales</i>			

a) *Caolín de Zettlitz* Se necesitarán 20,00 kg

b) *Caolín de Halle*

¿Qué cantidad habrá que prever para aportar 30 kg de caolinita?

$$\frac{100 \times 30}{66} = 45,45 \quad \text{Se necesitarán 45,45 kg}$$

c) *Cuarzo*, cantidad prevista: 26,00 kg

¿Cuál es la cantidad introducida por 45,45 kg de caolín de Halle?

$$\frac{32 \times 45,45}{100} = 14,54 \quad - 14,54 \text{ kg}$$

Cuarzo que hay que añadir: 11,46 kg
Se necesitarán 11,46 kg

d) *Feldespato*, cantidad prevista: 24,00 kg

¿Cuál es la cantidad aportada por 45,45 kg de caolín de Halle?

$$\frac{2 \times 45,45}{100} = 0,90 \quad - 0,90 \text{ kg}$$

Feldespato que hay que añadir: 23,10 kg
Se necesitarán 23,10 kg

Composición ponderal:

20,00 kg de caolín de Zettlitz
45,45 kg de caolín de Halle
11,46 kg de cuarzo (en forma de arena pura)
23,10 kg de feldespato ortosa
100,00 kg

Cálculos de pastas de porcelana blanda de "Seger" (cocción a 1.250°C)

Investigación de la composición ponderal partiendo de la fórmula racional siguiente:

35 de caolinita dada por	}	20 de caolín de Zettlitz 15 de arcilla de Lóthain
34 de cuarzo		
30 de feldespato		
1 de greda		
100		

Composición de las materias plásticas:

	caolinita	cuarzo	feldespato
Caolín de Zettlitz	100	—	—
Caolín de Lóthain	76	22	2

Materiales

a) *Caolín de Zettlitz*: Se necesitarán 20,00 kg

b) *Arcilla de Lóthain* (oscura)

¿Qué cantidad habrá que prever para introducir 15 kg de caolinita?

$$\frac{100 \times 15}{76} = 19,73 \quad \text{Se necesitarán 19,73 kg}$$

c) *Cuarzo*, cantidad prevista: 34,00 kg

¿Cuál es la cantidad aportada por 19,73 kg de arcilla de Lóthain?

$$\frac{22 \times 19,73}{100} = 4,34 \text{ kg} \quad - 4,34 \text{ kg}$$

Cuarzo que hay que añadir: 29,66 kg
Se necesitarán 29,66 kg

d) *Feldespato*, cantidad prevista: 30,00 kg

¿Cuál es la cantidad aportada por 19,73 kg de arcilla de Lóthain?

$$\frac{2 \times 19,73}{100} = 0,39$$

$$- 0,39 \text{ kg}$$

Feldespato que hay que añadir: 29,61 kg

Se necesitarán 29,61 kg

e) Greda, cantidad prevista: 1 kg

Se necesitará 1,00 kg

Composición ponderal:

20,00 kg de caolín de Zettlitz
19,73 kg de arcilla de Löhain (oscura)
29,66 kg de cuarzo (en forma de arena pura)
29,61 kg de feldespato ortosa
1,00 kg de greda

100,00 kg

11. Corrección de las pastas

Para obtener una pasta más traslúcida:

1. Aumenten la temperatura de la cocción.
2. Disminuyan la cantidad de caolinita, aumentando la de cuarzo en consecuencia.
3. Aumenten la cantidad de feldespato o de sienita nefelínica y reduzcan la de caolinita.
4. Para obtener una pasta de color marfil, hay que cocer con fuego oxidante o colorear la cubierta de porcelana, cocida normalmente, con un 1 a 3 por 100 de rutilo o de óxido de hierro.
5. En la fabricación de las porcelanas para uso doméstico (culinario) que han de ir al fuego conviene aumentar la proporción de caolinita en detrimento de la del cuarzo. Se recomienda introducir en la masa del 20 al 30 por 100 de pasta de porcelana cocida y machacada (cascajo o tiestos).

Productos refractarios

1. Generalidades
2. Productos refractarios arcillosos
3. Composición y fabricación de una pasta para cajas
4. Productos refractarios especiales:
 - a) Productos refractarios silicosos
 - b) Productos refractarios básicos
 - c) Productos refractarios neutros
 - d) Productos refractarios ácidos
 - e) Productos aislantes

1. Generalidades

Se llaman refractarios los productos cuyo punto de fusión queda por encima de los 1.600°C y que resisten sin ablandarse temperaturas por el estilo de las que exigen los trabajos de la metalurgia, el vidrio y la cerámica. Además, deben poder aguantar sin deteriorarse variaciones bruscas y repetidas de la temperatura.

La calidad de estos productos en relación con la composición química de la arcilla debe acercarse en todo lo posible al bisilicato de alúmina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y contener la menor cantidad posible de fundente. Conviene recordar que la fusibilidad disminuye con la cantidad de sílice contenida en la arcilla.

Para la elección de una arcilla refractaria no basta con el análisis químico: hay que comprobar siempre su resistencia pirométrica sometida a un peso determinado. Recordemos los componentes del bisilicato de aluminio: aproximadamente: 47 por 100 de sílice.
39 por 100 de alúmina
14 por 100 de agua

Los productos refractarios pueden dividirse en dos grupos principales:

Los *refractarios de arcilla y chamota*, que forman el grupo más importante de la industria cerámica.

Los *refractarios especiales*, que contienen poca o nada de arcilla, sino principalmente sílice, magnesia, a veces grafito, cromo o carburo de silicio. También entran en este grupo los refractarios aislantes, a base de materias ligeras combustibles.

2. Productos refractarios arcillosos (sílico-aluminosos)

Son los más utilizados en la industria cerámica para la fabricación de ladrillos, cajas, crisoles, placas de horno y material aislante (trípodes, "colifichets", etc.).

Su pasta está constituida por algunas arcillas mezcladas a *chamota* (40 a 60 por 100) procedente de arcillas especialmente cocidas y machacadas, de arcillas esquistosas carboníferas o de residuos de productos refractarios cuya granulación hay que controlar rigurosamente.

El papel de la *chamota* es el de reducir la merma de la pasta y darle una estructura que le permita una dilatación sin ruptura. Las mejores pastas se obtienen con *chamota* de granos de varios tamaños, machacados por medio de un aparato que asegure un grano irregular (triturador de mandíbulas y machacador de cilindros). Los machacadores de muelas, que dan granos redondeados, no se aconsejan.

3. Composición y fabricación de una pasta para caja o gaveta

10 de arcilla refractaria de Dordona
30 de arcilla refractaria de Provins
20 de *chamota* de 7 mm
20 de *chamota* de 1 a 3 mm

20 de *chamota* fina

100

Composición de una pasta de "colifichets"

40 de arcilla de Provins
60 de arena feldespática de Decize

100

Preparación de la pasta

Las pastas de gavetas se preparan aún de una manera muy sencilla: la arcilla machacada se pone en capas intercaladas con *chamota* y el conjunto se humedece durante unas 15 horas. Esta mezcla, cortada en tiras verticales, se pasa dos veces seguidas por el mezclador.

En las instalaciones modernas la arcilla y el cascajo caen de los silos en un mezclador, y después la pasta humidificada pasa automáticamente a un mezclador-desaireador, tras de lo cual va a un molino. Las pastas para "colifichets" y cuerpos de caldeo eléctrico se machacan en un molino "Alsing" y a continuación se hacen pasar por un filtro-prensa.

Manufactura y cocción

En otros tiempos las cajas se hacían a mano, por modelado. En la actualidad se calibran o hacen en la prensa hidráulica. Algunas cajas, utilizadas para su empleo en las vagonetas del horno-túnel eléctrico, se moldean.

Los "colifichets" se fabrican con la prensa, en pasta fraguada, por estampación o prensado en seco como suele hacerse en el caso de los cuerpos de caldeo. Algunas piezas se manufacturan en moldes de madera o escayola.

Los ladrillos refractarios se fabrican igual que los rojos ordinarios. La composición media de estos productos es aproximadamente una parte de arcilla por una o dos de *chamota*. Los ladrillos y los productos refractarios se cuecen muy lentamente en hornos de llama invertida cuando se trata de productos de primera calidad, y en ocasiones también en hornos continuos (horno Hoffmann). La temperatura de cocción varía entre 1.250 y 1.400°C.

4. Productos refractarios especiales

a) Refractarios silíceos

Se emplean principalmente en la construcción de la bóveda de los hornos necesarios en las industrias metalúrgicas y del vidrio. Contienen en promedio el 95 por 100 de sílice, aportada en forma de sílex machacado, añadido a la cal (un 2 por 100 aprox.) o a materias orgánicas que sirven de aglomerantes a la masa. Esta pasta no es pues plástica, pero puede utilizarse en la fabricación de ladrillos por vía seca. La cal sirve además de catalizador, porque durante la cocción el cuarzo se transforma en tridimita (por debajo de los 1.470°C), para pasar poco a poco al estado de cristobalita, una vez franqueada esa temperatura.

Para aprovechar los cambios de estructura de la sílice, estos ladrillos deben emplearse en los márgenes de temperatura previstos por los fabricantes.

b) Productos refractarios básicos

En este grupo tenemos productos que contienen casi el 85 por 100 de magnesio, introducido en forma de giobertita ($MgCO_3$), que se calcina en muerto hacia los $1.600^{\circ}C$ para obtener el óxido de magnesio (MgO).

El prensado se facilita humedeciendo la composición con un poco de agua a la que se le haya añadido cloruro de magnesio. En otros casos se calientan los moldes y el trabajo se hace en caliente con alquitrán. Estos ladrillos se emplean para el revestimiento de los hornos de cemento y para la solera de los metalúrgicos. Con ciertos productos muy aluminosos se utiliza la cianita ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) o el corindón (Al_2O_3).

Estas pastas, que contienen más del 45 por 100 de Al_2O_3 , dan al mezclarlas con arcillas de primera calidad excelentes productos, que pueden resistir temperaturas de $1.550^{\circ}C$.

c) Productos refractarios neutros

Dentro de esta categoría nos encontramos con los crisoles de grafito, que contienen del 50 al 85 por 100 de este cuerpo en estado cristalizado, mezclado con la arcilla.

d) Productos refractarios ácidos

Los productos fabricados a base de *carburo de silicio* (SiC) dan ladrillos de una gran resistencia: $1.850^{\circ}C$ en fuego reductor y $1.300^{\circ}C$ en fuego oxidante. Estos ladrillos ofrecen además una alta resistencia a la presión, así como una excelente conductibilidad eléctrica.

En otro terreno, los productos que tienen como base el carburo de silicio se emplean como *cuerpos de caldeo*, así como en la fabricación de *productos abrasivos*: piedras de afilar, muelas, etc.

e) Productos aislantes

Por último, tenemos el grupo de los *refractarios aislantes*, preparados a base de materias ligeras, como la tierra de infusorios, o materias combustibles, como el coque y el serrín, en una proporción del 30 al 60 por 100.

A veces se mezclan a la masa materias que desprenden gases — CO_2 , H_2 , etc.—, que provocan alvéolos en los productos cerámicos. Para el empleo de estos productos consúltense las normas dadas por los fabricantes.

Con las páginas de Vittel que preceden, tenemos ya una visión amplia sobre las pastas y una clasificación más o menos completa de la cerámica.

Sin embargo, así como es justo para comprender el mundo de la cerámica, hacer una clasificación por las materias primas y/o las características en el tipo de cocción (alta y baja temperatura), existen otras formas posibles y útiles de abordar el tema. Una de ellas es:

LA CLASIFICACION DE LA CERAMICA POR EL TIPO DE PRODUCTOS.-

Todo aquel interesado por las materias, los procesos o los productos cerámicos, lo hace desde distintos enfoques, esto ya lo indicábamos en el capítulo anterior. Así, el estudiante de diseño se acerca a la cerámica por la vía de los productos posibles; el ceramista profesional por la vía de la innovación de materiales, los procesos y el uso en general de éstos; y el industrial lo hace por la vía del mayor rendimiento del equipo y los procesos con que cuenta. Esto es, en general, claro y sin duda sintomático del modo como la cerámica es apreciada y renovada, aún siendo en todos los casos la misma cosa, por el interés particular de cada protagonista que hará de ella materia de estudio y recreación diversa.

A nosotros, respecto a la didáctica de los materiales y procesos, nos interesa explorar y comprender cabalmente la visión, el interés y empeño que el estudiante de diseño pone en el aprendizaje del material, a través del interés general con el que inicia sus estudios en diseños y éste es, hasta donde tenemos experiencia, el interés de crear y recrear objetos útiles. Por ello, una clasificación de los materiales por el uso posible, y más concretamente a través de reconocer su transformación en objetos funcionales, puede ser el modo más atractivo de introducirse en el tema de estudio y elaborar una didáctica adecuada a los objetivos que nuestra escuela persigue: formar diseñadores capaces de crear objetos útiles en las condiciones concretas de nuestra sociedad.

De acuerdo a la tesis que el interés del estudiante, a diferencia del profesional y del industrial, es más bien por el producto, podemos elaborar otra tesis que, en términos del proceso didáctico, sería: Mientras el profesional recorre en el aprendizaje de la cerámica el camino que va del estudio de las arcillas y luego los procesos diversos, horneados, decorados, terminados, etc, hasta el producto terminado, el estudiante de diseño puede recorrer el mismo camino, pero en sentido inverso: a partir del objeto y su razón funcional, aprender los procesos desde el punto donde se encuentra más avanzada su transformación, hacia atrás.

La clasificación de los objetos cerámicos puede ser: o bien por las características físicas que se buscan de un producto o bien por el objeto mismo y el lugar donde suele encontrarse.

Por sus CARACTERISTICAS FISICAS la clasificación sería :

Resistencia mecánica y térmica
Peso y tolerancias dimensionales
Formas y apariencias posibles
Técnicas de transformación accesibles y
Evidencias de aprobación por el usuario.

Todo lo anterior en términos prácticos, se traduce así:

El que sigue la clasificación anterior, define el objeto de diseño sin conocer la cerámica y procesos más adecuados, pero con la idea completa de dónde, cómo y quiénes usaran el producto, determina cuáles serán los grados de resistencia (en sus diversos aspectos) que requiere - esto lo sabe, pues conoce el ámbito donde se utilizará el producto - y con estos datos, consulta qué materiales le pueden dar las características buscadas. Hace lo mismo para cada renglón de la clasificación y posteriormente escoge aquel material y procesos que responden mejor a las condicionantes que plantea.

Parece complejo, y lo es, no en el modo de consulta de la clasificación, la cual, si se expresa gráficamente y se tienen claros los objetivos de diseño, no es más complicada que el equivalente a consultar con un especialista. En la elaboración de los datos que contenga la clasificación es donde está el trabajo arduo, pues esta suma de datos y alternativas no es más que la expresión gráfica y escrita de la experiencia de uno o muchos profesionales de la cerámica, que aquí son 'substituídos' por información sistematizada.

La elaboración de esta clasificación, que es la recopilación de la respuesta física y funcional de los objetos cerámicos, es tema y trabajo que debe ser ampliamente razonado, pues sin duda es una necesidad de nuestros talleres y escuelas.

La CLASIFICACION POR OBJETOS DE CERAMICA sería más una taxonomía de usos que una clasificación capaz en sí, como las previas, de explicarnos las características de la cerámica. No obstante, esta clasificación, para efectos de la enseñanza de la cerámica y la motivación al estudiante, puede cumplir objetivos como las anteriores: introducirnos a los materiales y sus propiedades a través de interesarnos por su uso.

Esta clasificación cumple las funciones equivalentes a los de una exposición o muestra de objetos cerámicos que están ordenados por el lugar donde se les utiliza.

La clasificación, en lo general, puede ser la siguiente:

-Utensilios domésticos :

vajillas y objetos de cocina
piezas de baño
jarrones, ceniceros, lámparas,
y equivalentes
objetos decorativos

-Materiales y objetos para la construcción

-Herramientas y equipos de trabajo

-Partes y componentes diversos.

Para complementar el muestrario de piezas sería útil la clasificación interna de los objetos por:

Origen, estilo y período histórico.
Variantes artesanales e industriales.
Materiales y procesos.

** En todo taller de enseñanza de los materiales debería existir una exposición de productos terminados. Esta facilita la comprensión de limitaciones y posibilidades de un material, más que la lectura de textos; sobre todo al estudiante que se inicia con más motivaciones artísticas y deseos de proyectar, que con la necesaria disciplina técnica que habrá de conducirle, con el tiempo, a realizar en realidad sus proyectos.

Pasemos ahora a describir otra forma común de clasificación :

CLASIFICACION POR EL TIPO DE PROCESO.-

Clasificar o definir la cerámica por las características que define un proceso, es útil cuando se dispone de tecnología, equipo y materia prima específica, y se desea tener registro de las posibilidades con las que se cuenta para la producción.

Una forma de clasificar, útil y sencilla, cuando se conocen los productos que el taller produce, así como los recursos con los que se cuenta, y lo que se desea es tener un panorama de alternativas, es describir las especificaciones para cada uno de los títulos siguientes:

Pastas / Acabado y decoración / Técnicas / Horno

La columna de pastas puede ser desglosada en: componentes / porcentajes de cada substancia / cantidad de agua y otros elementos especiales que incluya la formulación e, inclusive,

costos u observaciones para la elaboración de pruebas y la barbotina.

La columna de acabados y decoración puede ser desglosada igual que la de arcillas, además de ser completada con los ejemplos concretos de los terminados: color, textura, etc. (Esta clasificación es especialmente útil cuando se trabaja con gran variedad de barnices y terminados. Nos referiremos de nuevo a ella en el capítulo de esmaltes, barnices y vidriados).

La columna de técnicas llevaría las especificaciones que, para cada tipo de pasta, se requieren en lo referente al moldeo o al tipo de conformado al que la pasta se somete para alcanzar la forma deseada.

La columna que especifica el modo de horneado nos indica, para este proceso tan importante, los detalles sobre el tipo de horno utilizado en función del producto que se desea obtener, así como el proceso en tiempos, temperatura, estibado, tipo de quema, etc. (ver más detalles sobre los hornos en el capítulo que con este título, aparece páginas adelante en este trabajo).

Existen clasificaciones más ricas y normalizadas que la previa. Clasificaciones que indican con precisión las características de las pastas en el transcurso de su cocción; las más conocidas de éstas, son producto de los llamados diagramas de fase eutécticos. Por su especificidad y el uso que podemos darles para los fines de este trabajo, no los mencionamos aquí con detalle; sin embargo, es innegable su utilidad como producto de una investigación científica y la experimentación controlada de las arcillas y sus componentes.

Finalmente, para concluir este extenso capítulo, presentaremos la clasificación que hace el autor F. Singer de los productos cerámicos, en función de las condiciones de la pasta y los procesos de moldeo.

Esta clasificación, sin duda útil, nos permite introducirnos en el amplio espacio de las técnicas de conformación (moldeo, torneado, etc.) de los materiales cerámicos (estos temas los veremos con detalle en los capítulos siguientes). La clasificación de Singer tiene además, la ventaja de señalarnos la técnica a la par que la herramienta, y ella al lado del estado en que debe ser trabajada la pasta. Este modo de clasificación, si consideramos que se construye a partir de los productos, es tal vez la tipología de productos cerámicos más útil para el diseñador. Su lectura debería hacerse en el orden siguiente: producto que quiero obtener, forma de moldeo, mecanismo o herramienta requerida y, finalmente, condición de la pasta; sin embargo, presentamos la clasificación en el orden y el modo con que es utilizada generalmente y nos fue proporcionada por el Diseñador (Ceramista) Juan Manuel Oliveras.

INDICION DE LA PASTA	PRODUCTO, CARACTERISTICA	FORMA DE MOLDEO	MECANISMO REQUERIDO
Líquida	Productos de ornato, partes de vajilla, jarras, lecheras, etc. Formas ovoides, esféricas, - etc.	Colada o vaciado. a) Colada hueca o de vertido.	Torno y otras herramientas.
	Prácticamente cualquier objeto, se deja de usar este método solo por economía de tiempo, mano de obra o simplicidad.	b) Colada sólida.	Torno, prensa y otras herramientas.
	Desde 150 años se utilizaban moldes metálicos que se recubrían con aceite. En 1745 se introducen los moldes de yeso. Medio importante para la cerámica moderna.		
Plástica Media	Piezas individuales.	Arrollamientos. Técnica manual.	Torneta y herramientas simples.
	Piezas individuales.	Pastillaje. Técnica manual.	Torno y otras herramientas.
	Piezas individuales con mayor dinamismo.	Rueda de alfarero. Técnica manual.	Torno y otras herramientas.
Plástica Blanda	Ladrillos moldeados con pasta plástica blanda.	Molde estético recubierto con arena.	Prensa.
	Perfiles, refractarios de sección refractaria.		Prensa, torno y otras herramientas.
	Tejas lisas y canchales, con moldes recubiertos de arena.		Prensa.

**DICION DE
A PASTA**

**PRODUCTO,
CARACTERISTICA**

FORMA DE MOLDEO

MECANISMO REQUERIDO

	Prototipos para construcción, para industria cerámica fina, producción especializada de piezas de gran tamaño, gres o refractarios.	Modelado y moldeado a mano.	Torno y otras herramientas.
ática Media	Crisoles refractarios para fabricación de vidrio.	Moldeo a mano por conformación, prensado y golpes de porciones sucesivas de la pasta contra las paredes del molde de escape.	Torno y otras herramientas.
	Crisoles para fabricación de vidrio.		Torno y moldes no hechos a mano.
	Piezas conmemorativas y objetos de formas asimétricas.		Torno y moldes no hechos a mano.
	Cajas refractarias para horno, - crisoles aisladores.	Prensado en moldes metálicos, - desprendimiento por calentamiento.	Pranos y torno para moldes.
	Perfiles.	Moldeo de cemento de yeso.	Torno y moldes hechos a mano.
	Multitud de artículos de secciones horizontales circulares.	Rueda de alfarero, cabezal de - rueda plano o bien huillo de - forma especial para recibir los moldes de yeso, en los que se - corta o aprieta material con perfiles de acero. Molde cóncavo y convexo.	Torno y otras herramientas.
	Piezas de arte individuales.	Moldeado a mano.	Torno y otras herramientas.
	Aisladores cilíndricos que se acaban posteriormente en tornos.		Torno.
	Piezas de vajilla.		Torno y otras herramientas.

CONDICION DE LA PASTA	PRODUCTO, CARACTERISTICA	FORMA DE MOLDEO	MECANISMO REQUERIDO
	Multitud de artículos de secciones horizontales circulares.	Moldeado en tornos cerámicos, - semi y totalmente automáticos.	Torno.
láctica Media	Piezas de secciones transversales regulares.	Extrusión.	Extrudadora.
	Ladrillos de máquinas hiladoras, ladrillos huecos, tejas, baldosas para suelos, tuberías de drenaje, piezas perforadas, aisladores, bujías de encendido.		Extrudadora y tornos.
	Piezas en bruta para su ulterior moldeo por torneado y corte cuando se encuentren parcialmente hechas.		Extrudadora, tornos y otras herramientas.
	Artículos para laboratorio.		Torno y otras herramientas.
	Festoneado.	Festoneado con plantilla circular (festón).	Festón, torno y otras herramientas.
láctica consistente	Ladrillos para fachada y ladrillos técnicos.	Extrusión.	Premsa, extrudadora.
	Baldosas, tejas.	Moldeo de yeso.	Premsa, extrudadora.
esqueo y Seco 0-15% H ₂ O	Porcelana eléctrica, para aplicaciones de bajo voltaje y bajo frecuencia.	Premsado en moldes metálicos o de yeso.	Premsa, extrudadora, moldeo.
	Baldosas para paredes.		Premsa.
1-15% H ₂ O	Aisladores eléctricos.		Premsa.
	Aisladores de estentita.	Premsado en moldes metálicos y de yeso.	Premsa y torno.
	Baldosas planas, ladrillos de construcción.		Premsa y torno.
	Ladrillos de pavimentación.		Premsa.
lece	Tosetas y baldosas.		Premsa.
	Ladrillos refractarios.		Premsa.
	Bloques refractorios de sílice y arcilla refractoria.	Apisonado en moldes metálicos resistentes o de yeso.	Pisón o premsa.
	Ladrillos técnicos especiales.	Premsado en caliente (moldeo de grafito).	Premsa.

PROCESOS

PREPARACION Y PRUEBAS (PASTAS, BARBOTINAS, VIDRIADOS, etc.) PRUEBAS

Esta sección del trabajo es un complemento a las notas de Vittel que hemos reproducido en el capítulo previo; adelantamos también aquí, algunos comentarios sobre los vidriados; su intención es cubrir el primero de los procesos que se realizan al trabajar con la cerámica: realizar experimentos, pruebas y muestras normalizadas de la materia prima con que habremos de diseñar.

En esta sección repetiremos, entonces, algunas técnicas ya incluidas en las páginas previas y algunos conceptos, también, que deben estar agrupados en el título que da entrada a este capítulo. Utilizamos de nuevo algunas notas del libro de Vittel, Cerámica (pastas y vidriados) y del libro Cerámica (manual para el alfarero) de G.C.Nelson.

Es una práctica común en la escuela, preparar pruebas de pastas y muestras de barnices que ayudan al estudiante a introducirse en el manejo de la cerámica; estas experiencias son importantes pero ocupan, a veces, gran parte del curso; no está bien que ésto ocurra y que sean además, cada ciclo escolar, repetidas las experiencias que pueden ser comunicadas al estudiante de manera más directa, o bien a través de muestras que irán, en cada ciclo, acumulándose hasta formar una rica colección de ejemplos. Es otro hecho comprobado, que el estudiante pierde interés en las prácticas de preparación de muestras y pruebas cuando no le son directamente útiles a los propósitos de diseño o investigación que él escoge.

Recomendaría que la elaboración de pruebas y muestras no llevara más de una semana y fueran realizadas sobre las pastas, barbotinas y vidriados que el alumno investiga como útiles a su proyecto.

A continuación, anexo del libro de Nelson los comentarios más interesantes del autor con respecto al tema que ahora nos ocupa.

CUERPOS DE ARCILLA

No existe en la naturaleza un cuerpo de cerámica porosa, cerámica compacta o porcelana, que sea completamente satisfactorio en todas sus características. Puede no tener suficiente plasticidad, o no desarrollar el color adecuado o madurar a una temperatura inconveniente. Incluso, una arcilla proveniente del mismo lecho que otra, puede variar un poco en sus características químicas y físicas. Por lo tanto, casi siempre es necesario mezclar arcillas para obtener un cuerpo adecuado.

Al preparar un cuerpo de arcilla, por lo general se comienza con una arcilla que esté disponible a un precio razonable y que no adolezca de defectos notorios, tal como una cantidad excesiva de arena o cascajo. No se debe considerar ninguna arcilla que no sea moderadamente plástica. La plasticidad puede mejorarse con adiciones de arcilla de bola o bentonita. En algunos casos raros la arcilla puede ser tan fina que producirá grietas al secarse. En este caso se puede adicionar una arcilla menos plástica, una arena de sílice o chamota fina (arcilla quemada triturada) para abrir el cuerpo de arcilla y hacerlo más poroso, de tal manera que se seque con mayor uniformidad. Este tratamiento suele ser necesario para que una arcilla extremadamente fina o arcilla larga pueda tornearse en forma adecuada.

Hay ocasiones en que una arcilla puede carecer de los fundentes necesarios para endurecerse al grado deseado a la temperatura de trabajo. Cuando esto ocurre se añaden materiales de bajo costo que contengan fundentes, tales como feldespato, talco, dolomita, silanita nefelínica, cenizas de huesos, etc. En algunos casos se pue-

de adicionar una pequeña cantidad de una arcilla que disminuya la temperatura de maduración, lo que tiene la ventaja de que no se reduce la plasticidad como sucede cuando se incluyen materiales fundentes. Por otra parte, si la arcilla contiene una proporción excesiva de fundentes, el cuerpo se deforma a temperaturas relativamente bajas y es necesario empezar de nuevo con otra arcilla o agregar otras más altas en alúmina o en sílice y alúmina. Para este propósito se puede emplear un caolín de Florida o una arcilla refractaria plástica de punto de maduración más alto.

Los cuerpos de porcelana se usan por lo común para piezas comerciales producidas mecánicamente en moldes de yeso o por moldeado con tarraja

puesto que el ceramista casi siempre prefiere los efectos de reducción y las cualidades plásticas de la cerámica compacta gris o rojiza. Los cuerpos de porcelana se formulan con caolín, feldespato y pedernal. Si se desea una mayor plasticidad se incluye algo de arcilla de bola, lo que produce un encogimiento más elevado. Para un cuerpo de torneado, la arcilla de bola puede constituir hasta el 25% de la composición total.

Químicamente, existe poca diferencia entre un cuerpo de cerámica compacta y uno de porcelana, excepto por la presencia de pequeñas cantidades de hierro y otras impurezas que imparten color a la cerámica compacta y a las arcillas refractarias. La porcelana de huesos es similar a la porcelana común, con la excepción de que han sido añadidas cenizas de huesos como fundente para aumentar la translucidez del cuerpo y reducir la temperatura de maduración a unos 2275°F (1250°C). Al igual que la porcelana común, la porcelana de huesos es muy dura, blanca y translúcida cuando es delgada. Sus principales defectos son la tendencia a deformarse durante el quemado y la falta de plasticidad para el torneado.

El término *loza* se usa de una manera muy indefinida para designar a un cuerpo blanco que se quema entre conos 4 y 8. Algunos tipos, tales como la loza de hotel, son muy durables y duros. Sin embargo, no deben confundirse con los

cuerpos más duros y translúcidos de pasta de porcelana que se queman entre conos 10 y 16. Un cuerpo blanco de cono 4 por lo general contiene como fundente sianita nefelínica en vez de feldespato. Las arcillas de cerámica porosa naturales casi nunca son blancas. Los cuerpos blancos de baja temperatura muy comunes para la cerámica de ornato, contienen grandes cantidades de talco para reducir las temperaturas de quemado a conos 08-04 (1750°F — 1950°F, 955°C — 1065°C).

PRUEBAS PARA LOS CUERPOS DE ARCILLA

Antes de comprar o utilizar una arcilla es necesario llevar a cabo algunas pruebas simples para estudiar su comportamiento.

Plasticidad

La plasticidad es esencial para una arcilla de torneado. Una prueba muy simple consiste en formar un rollo de arcilla del grueso de un lápiz y enrollarla alrededor de un dedo. Si el rollo se agrieta en exceso, probablemente no podrá tornearse bien. Sin embargo, la prueba definitiva es tornear algunas piezas. Al comparar diferentes cuerpos, el ceramista debe asegurarse de que todas las muestras se hayan añejado durante el mismo tiempo. Por lo general, bastan tres semanas en estado plástico para que la arcilla esté lista para el torneado. En este tiempo las partículas más finas se humedecen totalmente y se verifica la ligera descomposición química causada por la materia orgánica que todas las arcillas contienen. El aumento de plasticidad que se logra por medio del añejamiento es más pronunciado en arcillas ácidas que en las alcalinas. Cuando es necesario usar un cuerpo alcalino, la adición de una pequeña cantidad de vinagre al agua que se usará para el torneado resulta muy útil.

El amasado, proceso con el cual la arcilla se presiona con las manos para eliminar las bolsas de aire, produce un efecto considerable sobre el aumento de la plasticidad. En una arcilla gru-

sa la orientación de las partículas causada por el amasado puede ser muy benéfica.

El agua de plasticidad se refiere a la cantidad de agua necesaria para que la arcilla seca, en forma de polvo, pase a un estado plástico adecuado para el torneado. Cuanto más pequeño sea el tamaño de las partículas, tanto más plástica será la arcilla y mayor será la cantidad de agua que absorba.

Porosidad

La porosidad de una arcilla quemada está directamente relacionada con la dureza y la vitrificación de dicha arcilla. Para llevar a cabo una prueba de porosidad se procede primero pesando una pieza de arcilla quemada sin barnizar. Después de dejarla sumergida en agua toda la noche, el exceso de agua se elimina con un paño y se vuelve a pesar la pieza. El porcentaje de ganancia de peso es la porosidad del cuerpo de arcilla.

La mayoría de los cuerpos empleados por los ceramistas manuales pueden quemarse con una variación de cuando menos 50°F (10°C), con respecto a la temperatura óptima de coctura sin que se afecten sus cualidades. Por regla general, los cuerpos de arcilla quemados tienen los siguientes intervalos de porosidad: cerámica porosa, 4 a 10%; cerámica compacta, 1 a 6%; porcelana, 0 a 3%.

Un quemado más alto reduce la porosidad, pero por lo general, la temperatura específica de la coctura se selecciona antes de proceder. Los ajustes en la proporción de fundentes afectan a la temperatura de quemado y, por lo tanto, a la porosidad relativa.

Encogimiento

El encogimiento de un cuerpo de arcilla ocurre primero a medida que la arcilla se seca y vuelve a presentarse cuando se bizcocha (quemado preliminar) la pieza, y luego otra vez durante el quemado del barniz. Las arcillas más plásticas, son las que más encogen. La prueba de encogimiento es muy simple: primero se amasa

una placa de arcilla plástica sobre la cual se marca una distancia, o bien, se corta a una cierta medida; cuando la placa está completamente seca se vuelve a medir dicha distancia; después del quemado se lleva a cabo la medición final.

Los encogimientos de las arcillas varían entre 5 y 12% en el secado, con un 8 a 12% adicional durante el quemado. Por lo tanto, el ceramista puede esperar un mínimo de encogimiento total de 13% y un máximo de 24%, con un promedio de 15 a 20%, entre el estado húmedo de la arcilla y la pieza final barnizada. Estos encogimientos corresponden a arcillas plásticas para torneado. Los cuerpos blancos especiales que contienen espodumeno en lugar de feldespatos y una proporción de arcilla bastante baja, tienen un encogimiento mucho más reducido y pueden llegar incluso a presentar expansión durante el quemado. La sustitución de sílice y fundente por wolastonita también reduce el encogimiento al quemado.

Debido a los esfuerzos internos que produce el encogimiento en las formas esculturales de gran tamaño, suele ser necesario incluir chamota en proporciones de 20 a 30%. Puesto que este material ya está quemado, se producen muy pocos cambios. También existe una tendencia de la arcilla a separarse de los granulos de chamota durante el secado, con lo cual se abren canales de aire que facilitan el secado de las porciones más gruesas que podrían producir grietas.

INVERSION DEL CUARZO

Uno de los principales problemas para formular un cuerpo cerámico de buenas cualidades es la inversión del cuarzo. Durante la cocción de un cuerpo cerámico, la sílice (cuarzo) cambia su estructura cristalina varias veces, y estos cambios van acompañados de expansiones repentinas. Esto ocurre especialmente en el caso de la sílice libre, esto es, la que no está químicamente combinada con otros materiales de la fórmula. El cambio más pronunciado se presenta cuando la temperatura llega a 1063°F (575°C). En este punto, los cristales de cuarzo pasan de la forma alfa a la beta con una rápida expan-

sión. A unos 1850°F (1010°C) se comienzan a formar cristales entrelazados de mulita, constituidos por sílice y alumina, y esta combinación química produce la resistencia del cuerpo. Durante el enfriamiento, la situación se invierte; cuando la temperatura del horno llega a 1063°F, la sílice libre del cuerpo se contrae. La inversión del cuarzo es una de las razones por las cuales es esencial contar con un ciclo lento de quemado y enfriamiento. Si una pieza cerámica se calienta o se enfría con demasiada rapidez, es muy probable que se formen grietas. Para las piezas de luza refractaria deben tomarse precauciones especiales, pues esta cerámica debe soportar con un mínimo de expansión térmica las temperaturas a las que estará sujeta durante su uso.

Al preparar un cuerpo de arcilla se pueden hacer varias cosas para controlar los efectos de la inversión del cuarzo. Una combinación de pirofilita y talco, en sustitución de parte del feldespato, reduce la expansión térmica, y lo mismo sucede con la adición de petalita ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$). El espodumeno ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$) incorporado a un cuerpo de arcilla, crea una reacción irreversible, mientras que la inclusión de wolastonita (CaSiO_3) también reduce el encogimiento al quemado y ayuda a desarrollar un cuerpo más resistente, tanto a los efectos mecánicos como al choque térmico.

Rhodesia es el principal país productor de petalita, pero su situación política actual no permite un suministro constante. Cuatro partes de petalita pueden sustituir a tres partes de espodumeno y una parte de feldespato. Las cantidades necesarias dependen de la relación sílice alumina del cuerpo y de los fundentes presentes. Una adición del 5 al 10% de cualquiera de los compuestos sugeridos, por lo general produce una diferencia apreciable en la disminución de los problemas de la inversión del cuarzo, que aparecen durante la fabricación de un cuerpo de luza refractaria. Las cantidades precisas sólo pueden determinarse probando varias composiciones de cuerpo, pues las características de las diferentes cerámicas compactas y arcillas refractarias, así como las temperaturas de quemado, impiden fijar porcentajes arbitrarios.

Como complemento a las notas de Nelson y a las de VitteI que aparecen en la página siguiente, y para efecto de sintetizar los pasos más comunes en la realización de las pruebas con briquetas, describo a continuación su utilidad y hechura.

- 1) secar 200 gramos de la arcilla que se va a probar.
- 2) machacarla y diluirla con agua
- 3) Esta pasta acuosa se hace pasar por un tamiz de 900 mallas por cm.2 (DIN n. 30)
- 4) Tras la pérdida de agua (merma), se modelan las plaquetas de ensayo (8 # 4 # .6 cm.) o briquetas (9.5 # 3 # 1 cm.)

Con estas briquetas es posible medir:

- Proporción de componentes
- Plasticidad
- Color al crudo
- Color al cocido
- Coeficiente de encogimiento al secado
- Coeficiente de encogimiento al horneado
- Adherencia de los esmaltes
- Coeficiente de absorción y peso al secado y al horneado.

El control de mermas, las pruebas de adhesión y color de los esmaltes utilizados, son los experimentos más comunes al iniciar el trabajo con una pasta y el diseño de piezas cerámicas; sin embargo, para un control completo del material y los equipos utilizados deben hacerse, periódicamente, ensayos sobre las pastas, la barbotina y las cubiertas que tendrá la pasta. Estas pruebas, ensayos y correcciones son examinadas con detalle por VitteI en las páginas siguientes. No se dejen de consultar, también, las páginas del capítulo anterior sobre las pastas y su clasificación.

Control y ensayos de las materias primas

1. Pruebas de merma al secado y a la cocción
2. Confección de plaquetas para ensayos de vidriado
3. Temperaturas de cocción de los productos cerámicos
4. Pruebas propuestas para el estudio de algunas materias primas mezcladas a las arcillas
5. Análisis por tamización
6. Pruebas referentes a la absorción del agua
7. Pruebas para determinar el contenido de caliza de una arcilla fusible

1. Pruebas de merma al secado y a la cocción

Tras haber secado unos 200 g de arcilla de la que se vaya a probar, se machaca y diluye en agua a continuación. Esta pasta acuosa se hace pasar después por un tamiz de 900 mallas por cm^2 (DIN n.º 30*) y se extiende para que se consolide en una placa de escayola muy limpia.

A título indicativo, las arcillas magras y los caolines se endurecen con mayor rapidez que las arcillas de textura fina. Estas últimas, que necesitan una mayor proporción de agua para adquirir plasticidad, sufren en consecuencia una mayor merma. Cuando la arcilla que estamos probando haya adquirido una buena consistencia se pueden modelar a mano, o preferiblemente con ayuda de un molde de escayola, plaquetas de arcilla (80 X 40 X 6 mm), llamadas plaquetas de ensayo.

Control de las mermas

a) En el secado a 110°C

Como acabamos de comprobar, cada arcilla tiene una merma característica, en relación con su plasticidad y el agua que se le ha añadido. Para observar esta merma se trazan dos diagonales en una de las caras de la plaqueta, en las cuales y con ayuda de un compás se marcan dos trazos, distantes entre sí 50 mm. Después del secado a 110°C, la aproximación de esas marcas permitirá comprobar la merma de la arcilla al pasar del estado plástico al deshidratado.

b) En la cocción

Esta merma es la diferencia de separación de los trazos comprobada después del secado y tras la cocción.

Desde temperaturas que varían entre los 600 y los 800°C, según la caliza de la arcilla, la merma es función de la pérdida del agua químicamente unida a la caolinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

* Deutsche Industrie Normen

Con una temperatura más alta la merma se hace mayor, como consecuencia de la fusión de las materias fusibles contenidas en la arcilla. Resulta útil saber —sobre todo para los alfareros— la merma de la pasta a 800°C (cocción de templa) y a las temperaturas que correspondan habitualmente a la cocción de los vidriados.

En las industrias cerámicas estos controles se llevan a cabo entre 800 y 1.450°C, estando determinada la temperatura por la posición de los productos. El estudio de la merma en las plaquetas permite controlar el acuerdo que ha de establecerse entre el vidriado y la arcilla en alfarería, y lo mismo sucede con todos los restantes productos cerámicos. Para ello se recubre la superficie lisa de la plaqueta con un vidriado transparente, perfectamente incoloro, de uso corriente.

Después de la cocción se comprueba:

- a) La merma.
- b) La interacción de la arcilla o la pasta con el vidriado.
- c) El color de la masa.

Resulta útil recordar que en cada entrega que se nos haga de una partida de arcilla conviene efectuar la prueba con la cual podremos comparar la recién llegada con la ya existente.

2. Confección de plaquetas para ensayos de vidriados

En el mismo orden de ideas, conviene aportar algunas aclaraciones a la fabricación de las plaquetas destinadas a los ensayos de vidriados.

Estas plaquetas se confeccionan con una pasta de fabricación de la que se utilice por lo general, y se preparan con ayuda de una hilera (especie de jeringa), frecuentemente usada en la confección de las asas. A la salida de esta hilera se sujeta una placa metálica perforada con un orificio rectangular de 40 X 6 milímetros. La pasta introducida en la hilera sale de ella en forma de tiras largas que se recogen en una plancha. Estas tiras, cortadas cada 80 mm aproximadamente, proporcionan

las plaquetas de ensayo. Para su clasificación tras la cocción conviene perforarlas en una esquina, con el fin de poderlas colgar.

Para comprobar la fluidez de los vidriados se emplea otra forma, de pared inclinada, llamada "teja" de ensayo. El alfarero confecciona mediante el torno anillos troncocónicos dotados de un fondo parcial, de dimensiones variables (por ejemplo, 18 X 15 X 15 cm).

Después de su fraguado, estos anillos se cortan en elementos de 2,5 cm de anchura. Estas piezas de ensayo tienen también la ventaja de conservar una posición vertical durante la cocción. Colocadas entre los objetos que se cuecen, permiten ocupar las superficies libres. Conviene darles previamente la cocción de templa, con el fin de facilitar la manipulación y el esmaltado.

3. Temperaturas de cocción de los productos cerámicos

En la industria basta con llevar las muestras de arcillas o caolines a la temperatura habitual de cocción, y éste es el primer ensayo que el ceramista lleva a cabo con cualquier material nuevo cuya calidad quiera apreciar. Para ello deberá poder someterlos a las diversas temperaturas industriales indicadas a continuación:

Temperaturas Clase de productos

800- 960°	Templa de porcelanas, alfarería, gres fino y mayólicas blandas.
960-1.100°	Vidriados de alfarerías ordinarias, alfarerías estanníferas y mayólicas blandas.
1.100-1.200°	Vidriados de mayólicas duras, mayólicas mixtas, cocción de clinker y de gres blando.
1.120-1.300°	Cubiertas de gres sucios, biscuit de mayólica dura y china vidriada.
1.250-1.350°	Cubiertas y pastas de porcelanas blandas, gres duros y productos sanitarios.

1.380-1.450° Cubiertas y pastas de porcelanas duras, esteatitas y productos refractarios.

Las industrias importantes tienen horno de laboratorio para altas temperaturas, que les permite controlar la arcilla hasta su punto de fusión. En ocasiones, algunas arcillas refractarias presentan el defecto de deformarse al ser sometidas a una gran carga, lo que sucede mucho antes incluso de alcanzar su punto de fusión. Para paliar este defecto, que puede tener graves consecuencias en la fabricación de productos refractarios (placas, paneles, ladrillos, etc.), algunos laboratorios tienen un horno especial en el que introducen un cilindro pequeño de arcilla templada de 50 X 36 mm. Esta probeta, que soporta una presión de 2 kg/cm², se calienta hasta que se deforme y disminuya aproximadamente un 40 por 100 de su volumen. La temperatura del horno sólo debe aumentar 240°C por hora, y se anotan la reducción del volumen y el grado de temperatura.

Observaciones: Para conocer las posibilidades de una arcilla, muchas veces los análisis resultan insuficientes, porque el grosor del grano tiene una gran influencia sobre la fusibilidad. Así, un caolín puro mezclado con un 30 por 100 de arena fina se fundirá con mayor rapidez que ese mismo caolín preparado con una arena gruesa. El análisis químico nos informa de un modo incompleto acerca de la coloración futura de una arcilla después de su cocción, porque ésta depende del estado en que se encuentre la combinación de óxido de hierro, su grado de división en la masa, la atmósfera del horno y la temperatura de cocción. Por ejemplo, el caolín de Zettlitz, que contiene 1,09 por 100 de óxido de hierro, aparece muy blanco tras la cocción a 1.250°C, en tanto que una arcilla refractaria que sólo contenga el 0,76 por 100 de óxido de hierro presenta un matiz ebúrneo en esa misma temperatura. Esto demuestra la necesidad de hacer ensayos prácticos con las arcillas y los materiales previstos para la preparación de las diversas pastas cerámicas.

4. Pruebas propuestas para el estudio de algunas materias primas mezcladas a las arcillas

Arena

Mezclen a diferentes arcillas de un 10 a un 80 por 100 de arena. Hagan la mezcla en seco, en un mortero, y añadan el agua necesaria, como en los ensayos anteriores. Moldeen plaquetas con esta masa y observen la merma tras el secado y la cocción.

Observaciones:

- a) La arena le quita pastosidad a la arcilla.
- b) La merma tras el secado y en la cocción se reduce, por lo que las plaquetas se deforman menos. Una gran proporción de arena puede hacer aumentar el volumen de la pasta por encima de los 1.200°C.
- c) La porosidad de la arcilla después de la cocción aumenta en proporción con el contenido de arena.

Feldespatos

Hagan una mezcla con las proporciones del 5 al 60 por 100 y cuezan asimismo una muestra de feldespatos a 1.250°C.

Observaciones:

- a) El feldespatos mezclado a la arcilla se comporta como la arena hasta 1.100°C y reseca la masa, pero muchas veces actúa sobre el recogimiento de los vidriados.
- b) La merma en la cocción se hace mayor entre 1.120 y 1.250°C.
- c) La masa sigue siendo porosa hasta 1.100°C, pero según la preparación y la calidad del feldespatos usado, la porosidad disminuye. Más allá de 1.100°C la pasta puede gresificarse. Con temperaturas de 1.200 a 1.300°C la masa se hace completamente impermeable.
- d) Los feldespatos se funden entre 1.200 y 1.280°C, según la calidad de que se trate: son fundentes, es decir, cuerpos que favorecen la vitrificación de la sílice. También entran en la composición de las pastas de porcelana y de gres, así como en la constitución de sus cubiertas.

e) En las pastas pueden sustituirse por sienita nefelínica o por polvo de vidrio, aunque éste incrementa la deformación y la fusibilidad.

Greda

Mezclen del 2 al 30 por 100 de greda a diferentes arcillas. Un ensayo con un 70 por 100 de greda puede resultar interesante.

Observaciones:

a) La greda enmagrece la pasta.

b) Con ella se hace más porosa al ser sometida a temperaturas bajas.

c) Desde 1.050°C la merma se hace mayor, a la vez que la pasta se va tornando impermeable, en función de la greda añadida.

d) Poco después de la gresificación de la pasta se observa en la superficie de las plaquetas la aparición de burbujas procedentes de un principio de fusión de la masa y de un desprendimiento de gas carbónico.

e) En una pasta cocida por encima de 1.000° centígrados, la caliza en una proporción del 10 al 25 por 100 favorece el acuerdo de la pasta con el vidrioado.

f) A partir del 30 por 100 de caliza la pasta presenta tendencia a resquebrajarse en los cambios bruscos de temperatura.

Magnesio

Mezclen del 2 al 30 por 100 de carbonato de magnesio a diferentes arcillas o caolines. El magnesio se aporta en forma de dolomita (carbonato doble de magnesio y calcio) o de talco (silicato de magnesio). Puede hacerse un ensayo con un 80 por 100 de carbonato de magnesio (magnesita).

Observaciones:

En las pastas, el magnesio se comporta de modo parecido a la greda, pero su presencia no hace fundirse la masa de un modo tan brusco tras la vitrificación. Entra en la preparación de las pastas destinadas a la fabricación de las bujías para motores de explosión.

Caolinita

Mezclen a arcillas silicosas o fusibles del 5 al 60 por 100 de caolinita, en forma de caolín

puro o de arcilla refractaria rica en alúmina. Para ello habrá que tener en cuenta el análisis racional.

Observaciones:

La caolinita hace que las arcillas silicosas resulten más resistentes al fuego. Por lo general, la pasta se vuelve más plástica.

Bentonita

Mezclen a una pasta que sea muy poco plástica del 1 al 5 por 100 de bentonita.

Observaciones:

a) Esta materia incrementa la plasticidad de las pastas.

b) Mezclada con agua, su volumen aumenta mucho (unas 10 veces).

c) Se emplea para facilitar la homogeneización de las barbotinas y los baños de esmaltes.

Oxido de hierro

Mezclen del 5 al 10 por 100 de óxido de hierro a diferentes arcillas. También se puede aportar en forma de arcilla ferruginosa (ocre) o arena ferruginosa.

Observaciones:

El óxido de hierro en proporciones aproximadas del 10 por 100 puede gresificar las arcillas hacia los 1.050°C. Mejora el acuerdo del vidrioado y la pasta, a la que colorea de rojo-castaño, en atmósferas de cocción oxidante.

Serrín, carbón, paja

Mezclen del 5 al 50 por 100 de estas materias, humedecidas, a arcillas plásticas.

Observaciones:

Estos materiales enmagrecen las pastas, haciéndolas ligeras y porosas después de la cocción.

Chamota

Agreguen del 10 al 50 por 100 de chamota refractaria (bizcocho de arcilla pulverizado) a

diversas arcillas, también refractarias. Puede efectuarse asimismo un ensayo con arcillas fusibles. Mezclen chamota refractaria o procedente de pastas de alfarería machacadas.

Observaciones:

La chamota enmagrece la pasta sin alterar su composición. Puede hacer su estructura más refractaria. La chamota finamente machacada entra muy a menudo en la composición de las pastas y las barbotinas empleadas para el colado o moldeado.

Las materias primas que no aportan ninguna plasticidad se llaman desengrasantes o antiplásticas, y mejoran el secado de las pastas, a la vez que reducen la deformación de los productos manufacturados.

5. Análisis por tamización

Para este ensayo se toman 100 g de arcilla en polvo secado a 110°C. La arcilla se diluye en un litro de agua que contenga una o dos gotas de solución alcalina para facilitar su dispersión. Una vez bien disuelto el todo, hagan pasar esta barbotina sucesivamente por varios tamices (de 144, 900 y 4.900 mallas por cm^2), que se secan y pesan antes del análisis. Terminado el filtrado se secan otra vez a 110°C. La diferencia de peso antes y después de la operación dará el peso de la arena retenida en cada uno de los tamices. Hay que examinar lo retenido en los tamices con ayuda de una lupa o un microscopio: mezclados con la arena se encontrarán siempre mica, pirita y rutilo.

En la industria, el análisis por tamización sirve también para controlar las partes desengrasantes contenidas en las pastas (arena, feldespato, greda, etc.), después de haber sido machacadas en el molino Alsing. Este control es muy importante para las pastas que se elaboran nuevas. Es absolutamente necesario hacer tomas periódicas e incluso diarias en la materia machacada.

Ejemplo: Si se emplea un tamiz de base número 100 (DIN), es decir, de 10.000 mallas por cm^2 habrá que controlar, en 100 g de materia machacada y seca:

a) el tanto por ciento de retención;

b) el tanto por ciento de la masa plástica filtrada por el tamiz.

Las cifras obtenidas deberán ser aproximadamente constantes en el curso de las diferentes tomas.

Observaciones:

Las retenciones del tamiz se llevan al horno. Después de la cocción se observa el color de las arenas y de la arcilla. Si la arena está aglutinada, tal vez nos hallemos ante una arena alcalina (mica).

Por otra parte, los análisis mecánicos nos indican:

1. Si la arcilla contiene materias en granos, tales como caliza, pirita, óxido de hierro o residuos procedentes de la roca matriz: mica, lignito, etc.
2. Si la arcilla se puede trabajar directamente o ha de ser machacada por vía húmeda.
3. Si la arcilla que haya sufrido un lavado puede hacerse más refractaria y blanca tras la cocción.
4. En qué proporción se encuentran las materias desengrasantes comparadas con sus granos.
5. Si la arcilla presenta propiedades suficientes para hacerle sufrir un lavado.

6. Absorción del agua

La cantidad de agua que puede absorber una arcilla o una pasta cocida determina su grado de porosidad. Para este ensayo se toma una plaqueta secada a 110°C. Tras haberla pesado se sumerge en un recipiente que contenga agua en ebullición, hasta su saturación completa (unas dos horas). Se saca la plaqueta del agua, se seca ligeramente su superficie con una tela fina y se vuelve a pesar. La diferencia de los dos pesos indica el volumen de agua absorbida, calculado en porcentaje. Se considera gresificada cualquier pasta o arcilla que absorba menos del 2 por 100 de agua.

7. Prueba para determinar el contenido de caliza de una arcilla fusible

Una vez asegurados de la efervescencia de la arcilla al contacto de un ácido, se puede dosificar la cantidad de gas carbónico desprendido, con el fin de calcular en porcentaje su contenido de caliza. Para ello se procede como sigue:

En un vaso de vidrio se echan 5 g de arcilla, previamente machacada y seca y después diluida en un poco de agua. En una cápsula de porcelana se echa ácido clorhídrico diluido. Colocando con cuidado la cápsula en el vaso, se pesa el conjunto. Después se va vertiendo con precaución y poco a poco el ácido en el vaso. Al cabo de unos 10 minutos, cuando la efervescencia haya terminado, se vuelve a pesar todo.

La disminución de peso indica la pérdida de gas carbónico (CO₂), lo que permitirá determinar el contenido de la arcilla en carbonato cálcico (greda).

100 g de CaCO₃ = 56 g CaO + 44 g CO₂
Carbonato cálcico = óxido de calcio + gas carbónico

La reacción es la siguiente:



Ejemplo:

100 g de arcilla de alfarería han perdido 8,8 g de CO₂. ¿Cuál es su contenido de caliza?

Para obtener 44 de CO₂ con HCl han hecho falta 100 g de caliza.

Para obtener 1 g de CO₂ con HCl se necesita 44 veces menos.

Para obtener 8,8 g de CO₂ con HCl se necesitarán 8,8 veces más, o sea:

$$\frac{100 \times 8,8}{44} = 20 \text{ por } 100 \text{ de CaCO}_3$$

Por consiguiente, la arcilla contendrá un 20 por 100 de caliza.

Este ensayo tan sencillo puede hacerse en todos los talleres de alfarería, pero sólo da resultados aproximados. Para conseguir una dosificación más exacta hay que proveerse de una balanza de precisión y un calcímetro.

PROCESOS

PREPARACION DE LAS PASTAS MOLIDO

Para moler la arcilla, que comercialmente se distribuye en cierto estado de granulación o como bloques más o menos grandes y por ello imposible de ser utilizados directamente, se usan básicamente dos medios: el manual a través de, por ejemplo, mazos con los que es golpeado el bloque hasta convertirlo en partículas menores y útiles para ser mezcladas posteriormente con agua y otras substancias, o bien se utilizan medios mecánicos como los molinos de bolas, trituradores y las llamadas desintegradoras. Todas estas herramientas lo que hacen es someter la arcilla a la ruptura por el golpeteo mecánico de partes duras en la herramienta o el impacto de bolas metálicas dentro de un cilindro que gira automáticamente y en el que se ha introducido la arcilla que habrá de ser molida.

MEZCLADO Y AGITADO

El mezclado y el agitado, cuya función es obtener una pasta líquida y homogénea de la arcilla con el agua y otros componentes (véase como complemento en los capítulos previos lo relativo a las barbotinas), se realiza en fosas o recipientes donde la mezcla se somete a una agitación manual con instrumentos diversos o bien a la agitación automática con una hélice (como la del motor de una lancha), la que girando sobre un eje vertical se introduce cercana al fondo de la fosa o recipiente de mezclado. También se emplean, con menos frecuencia, tambores con agitadores horizontales.

Si se trata de arcillas de vaciado, se añaden, generalmente, diversas substancias en el mezclado (por ejemplo: sosa, silicato de sodio y otras); algunas de estas substancias cumplen el papel de conservar y darle plasticidad a la mezcla (véanse los comentarios en las páginas de Vittel acerca de las barbotinas). En las arcillas para vaciado, el siguiente paso es el tamizado. Si se trata de arcillas para torneado, la pasta pasará luego de este proceso, a la prensa de filtrado.

TAMIZADO

El tamizado es el proceso que se usa para eliminar la arena y los granos gruesos. El material muy homogéneo, luego de pasar por el tamizado, se lleva a un depósito de donde se toma para usarse en los moldes.

En la página siguiente anexo una tabla con las características y variedad de las telas de tamiz más comunes.

PRENSA DE FILTRO

En esta se separa el exceso de agua de la pasta. Como mencionáramos en el apartado de mezclado y agitado, las pastas para torneado deben ser sometidas al proceso de eliminación del agua sobrante y esto se logra con las prensas de filtrado o bien, si el taller no cuenta con éstas, el material luego de filtrarse (en un tamiz) es vertido en vasijas o en planchas de yeso que se colocan en un lugar caliente (generalmente cerca del horno); el agua es entonces absorbida por el yeso, el calor elimina el agua excedente. Al obtener el grado de sequedad apropiado, se saca de las vasijas de yeso o de sobre las planchas y se utiliza para el torneado (ver este proceso en las páginas siguientes).

AMASADO

Este proceso es generalmente previo al torneado y sirve para eliminar las burbujas de aire y darle mayor plasticidad a la pasta.

El amasado suele hacerse con rodillos o una prensa, o bien una máquina con ambos dispositivos. La máquina más comúnmente utilizada es un extrusor.

Generalmente, para eliminar todas las bolsas de aire, se termina de amasar a mano por el tornero antes de iniciar el trabajo.

Cuando el amasado es a mano, se hace sobre placas de yeso fijas a una mesa. Por cierto, el yeso de las placas debe ser raspado periódicamente para evitar las partículas de arcilla adheridas, que con el tiempo pueden impermeabilizar la superficie del yeso haciéndolo inútil para el amasado.

Cuando se utiliza el extrusor, la tira de arcilla formada se corta en rebanadas y se pasa al torno.

PROCESOS

CONFIGURACION DE PIEZAS EN CERAMICA TORNEADO

Para la configuración de las piezas, es decir, para darles una forma, una figura, existen varias técnicas y diversas herramientas. Las siguientes son las que en este capítulo revisaremos:

El torno de pié.
El torno de forja o tarraja
Moldeo (generalidades, para
torno de forja y
para vaciados)
Procesos de prensado y
Diversas técnicas manuales.

TORNO DE PIE

El torno de pié se utiliza para realizar piezas de revolución, o sea aquellas en las que el perfil de la pieza se genera por el giro de un plano, con la forma deseada, sobre su eje vertical.

La ilustración de un modelo de torno de pié, elaborado por los Diseñadores E. Villafaña y A. Oshoit, puede verse junto con el modelo de un torno de tarraja páginas adelante en este capítulo.

Esquemáticamente, la herramienta consiste en lo siguiente:

Una barra de hierro vertical con dos chumaceras de apoyo en los extremos. La barra gira libremente por el impulso de una rueda o disco con bastante peso (para conservar la inercia) que, en la base de la mesa, es impulsada por el pié. La barra, apoyada en la chumacera inferior, se une a la estructura que hace de mesa y asiento. En el extremo superior de la barra hay un platillo sobre el que se realiza el torneado.

Además del torno se utilizan estiques, hilo y otras herramientas sencillas para cortar y definir la pieza que gira.

El proceso de trabajo consiste, básicamente, en moldear a mano el tiempo que gira el platillo. Con agua se ayuda a darle plasticidad a la pasta y afinar la pieza. Cuando la pasta está más dura se facilita la configuración, sin embargo, para trabajar los detalles superficiales, se le agrega agua.

En piezas muy grandes se pueden embutir, a manera de refuerzos, piezas de fibra de vidrio de 2 ó 3 centímetros antes de iniciar el torneado.

Existen tornos sin base ni rueda que giren con el impulso del pié; estos tornos consisten, básicamente, en una barra corta

apoyada en su base con una pieza firme sobre el piso y que en la parte superior tiene un platillo, mismo que por medio del impulso manual, gira.

Otra variante de este modelo es el torno de plato, muy común en el trabajo artesanal. Consiste en un par de platos concavos, uno sirve de base y está apoyado sobre el piso con su fondo hacia arriba, el otro se coloca encima con el fondo en contacto con el que hace de base. El plato superior se gira con la mano y sobre él se coloca la pieza que se torneá.

Las asas, los vertederos, las tapas u otras secciones que se unirán a la pieza torneada se hacen aparte y se adhieren a la pieza con barbotina del mismo material que ésta; el grado de humedad debe ser el mismo en las dos partes.

En las páginas siguientes se reproducen las notas e ilustraciones del libro de Nelson, Cerámica (Manual del alfarero) en los textos y fotografías pueden observarse los pasos, recursos y problemas más comunes en el torneado con las herramientas descritas en este apartado.

Es recomendable, en el proceso de la enseñanza del torno como herramienta y los productos derivados de éste, que el alumno analice, antes de utilizar el torno, la necesidad de éste y sus posibilidades. Es tan atractiva esta herramienta, por ser donde generalmente se crean los objetos más bellos de la cerámica, que a pesar de costar un poco de trabajo iniciarse en ella, cuando se conoce, se tiende a privilegiarla sobre otros recursos técnicos en la producción de la cerámica. El diseñador, a diferencia del ceramista profesional, debe preocuparse por comprender la técnica y sus posibilidades, y practicar lo necesario no para hacerse técnico calificado en una herramienta, si no sólo para racionalizar los usos y posibilidades del proceso en cuestión.

Un grupo de ejercicios útiles en el rediseño de tecnología puede ser el diseño de tornos de pie, en base a la producción de ciertas piezas de cerámica. Esto es, encontrar las características básicas: estructura, sistema de giro, platillo y modos de impulsar y mantener la inercia del impulso que reduzcan la complejidad de ciertos modelos comerciales. Por supuesto que la práctica en la herramienta nunca será inútil, pero sin olvidarse del sentido que para el profesional del diseño debe tener esta práctica. Estos comentarios son válidos para todos los temas de este capítulo.

una enseñanza útil para el ceramista novicio. El logro de una buena habilidad con el torno alfarero exige mucha práctica, incluso para los expertos.

La primera tarea del estudiante consiste en aprender a tornearse la pieza más grande que le sea posible con una bola de arcilla. Debe tener una idea aproximada de la forma que desea lograr, y todos los cambios de forma durante el torneado deben ir dirigidos hacia la consecución de este objetivo. Todas las formas se inician con un cilindro, pero las proporciones de éste dependen de la forma final deseada. Por ejemplo, un tazón requiere un cilindro bajo con bordes gruesos para poder estirar las orillas; debe ser más alto que la dimensión final deseada, pues la forma disminuye de altura al presionar hacia afuera.

Al tornearse una vasija alta o una botella, el ceramista no debe intentar obtener la forma a partir de paredes gruesas para después adelgazarlas. En vez de esto, debe tornearse un cilindro de la mayor altura posible, estrechar la boca cuando sea deseable, pero dejando suficiente espacio para introducir la mano o el brazo; extender el fondo y la sección central hasta lograr la forma deseada, y finalmente, formar la parte superior con toda rapidez y modelar los bordes. La velocidad es esencial, pues mientras más tiempo se trabaje en el área del cuello, mayores serán las posibilidades de que se comben o se deformen las secciones de la parte inferior.

Al principio, el ceramista inexperto debe limitarse al torneado de formas cilíndricas simples, tan altas y uniformes como le sea posible. Puesto que el cilindro es la base para todas las formas torneadas, es inútil intentar refinamientos antes de dominar esta primera etapa. Al ir adquiriendo más experiencia, el estudiante debe concentrarse en el torneado de series de formas similares, descartando las de mala hechura (Fig. 321). Con esto se desarrolla en forma natural tanto una técnica de torneado como los conceptos de diseño. El diseño de formas dibujándolas en un papel es de poca utilidad para el principiante. Los conceptos e ideas básicas del diseño se van logrando al ir adquiriendo sensibilidad

Formado con torno de alfarero

La mayor parte de la gente relaciona la alfarería con piezas hechas con un torno de alfarero. Para muchos ceramistas, el torneado es el proceso más excitante de la artesanía cerámica. Presionada por los dedos habilidosos de un alfarero experimentado, la forma expandida parece adquirir vida propia. El ceramista debe aprender a tornearse con rapidez y eficiencia, pues la arcilla se ablanda y se deforma por el agua que se emplea durante el proceso. El torneado parece sumamente sencillo cuando lo hace un artesano experto, pero esta facilidad es engañosa y el principiante no debe desalentarse por sus dificultades y fracasos iniciales, ni excederse en su entusiasmo por las demostraciones exhibicionistas de estudiantes más expertos que provocan rápidos cambios de la forma en el torno de manera presuntuosa. Esto puede resultar un buen espectáculo en una feria de artesanías, pero no constituye

con respecto a las formas de la arcilla y conocimientos relativos a las formas que pueden o no tornarse convenientemente.

Al trabajar con una cierta forma durante un tiempo, el estudiante aprenderá a percibir las variaciones sutiles que no pueden apreciar durante sus primeras experiencias. Con la práctica, se podrán tornar piezas más altas y delgadas con la misma cantidad de arcilla y, con el tiempo, se lograrán las cualidades dinámicas del torneado que se adquieren a través de una mayor libertad y facilidad en el manejo de la arcilla. Es poco práctico para el estudiante intentar tornar una forma diferente cada vez, pues con este sistema no se corrigen los errores previos y se pierde el método más natural para desarrollar las formas y el diseño.



321. La habilidad para el torneado se adquiere practicando con varias formas similares y descartando las que quedan mal hechas.

Operación de centrado

Para obtener éxito en la elaboración de cualquier forma torneada, es esencial contar con un centrado perfecto en el torno (Figs. 322-326). Sobre la batea humedecida se coloca una bola de arcilla y, después de iniciar el giro del torno, se presiona la arcilla con la mano para adherirla. Apoyando los codos sobre los costales se logra mayor precisión en el centrado. Cuando la arcilla ha quedado perfectamente centrada, la bola se abre con los pulgares para darle la forma de un tazón de paredes gruesas.



322. La bola de arcilla plástica se coloca sobre una batea de yeso consistentemente humedecida.



323. La arcilla se presiona hacia adentro mientras el tarazo gira.

324. Con los codos apoyados, el tarazo centra la arcilla.





325. Una vez centrada, la bola se abre con los pulgares.



326. La bola de arcilla se abre gradualmente dándole forma de tazón.

Formas cilíndricas

Como con cualquier otra forma, el torneado de un cilindro comienza con la arcilla perfectamente centrada sobre el torno. Con las manos enlazadas para un mejor control, las paredes se van estirando hacia arriba para formar el cilindro. Si la parte superior no queda uniforme, puede cortarse con una cuchilla delgada. Las paredes pueden engrosarse y estirarse hacia arriba accionando con las manos curvadas. Las presiones uniformes fuerzan las paredes hacia arriba (Figs. 327-331).

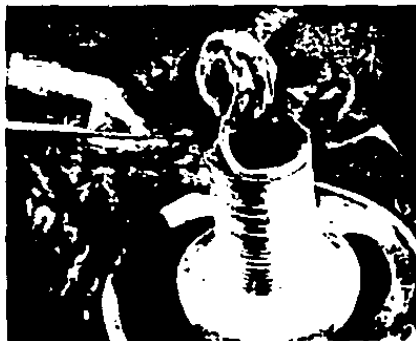


327. La arcilla debe estar perfectamente centrada sobre el torno.



328. Con las manos unidas se comienza a estirar el cilindro.

329. Si el borde es desigual, se puede recortar.





330. Las paredes se engruesan y se estiran apretando con las manos.



331. Una presión uniforme fuerza las paredes de arcilla hacia arriba.

Formas de botella

Para crear una forma de botella, el ceramista empieza con un cilindro torneado como en las Figs. 327-331. Este cilindro se ensancha presionando en el interior y la parte superior se es-

trangula y se engruesa. Después de esto, el cuello se estira hacia arriba y se adelgaza. Este proceso se repite hasta lograr la forma y la altura deseadas. Finalmente, los bordes de la botella reciben un acabado con un trozo de cuero liso (Figs. 332-336).



332. Con una presión uniforme desde el interior se ensancha el cilindro.



333. La parte superior del cilindro se ensancha y se engruesa.



334. La parte superior se estira aún más adelgazando las paredes.



335. Se continúa adelgazando hasta lograr la altura de serda.



336. El borde es acabado con un trozo de cuero blando.

como le sea posible, para evitar que la arcilla se vuelva demasiado húmeda. La pieza no debe estirarse demasiado a fin de que las paredes no sean excesivamente delgadas en la parte donde se abren hacia afuera, y debe mantenerse la forma cóncava a medida que se va estirando, pues cualquier zona plana de la pieza hará que ésta se cuelgue. La irregularidad del borde se recosta con una cuchilla y el labio se humedece y se pule con un trozo de cuero blando.

337. La arcilla centrada se abre para obtener la forma de un tazón.



Formas de tazones

A partir de la forma básica iniciada como se muestra en la Fig. 326, se pueden hacer diversas formas. El tarón o escudilla es la que presenta menos problemas (Figs. 337-340). Como siempre, la bola abierta debe estar perfectamente centrada. El ceramista debe tornearse tan rápidamente



338. Las paredes se estiran y se adelgazan con todo cuidado.



339. El borde desparejo se recorta con una cuchilla.



340. El borde se pule con un trozo de cuero blando.

En las Figs. 341-345 se ilustra una técnica un poco diferente. Se usa una costilla (un trozo ovalado de madera dura) para adelgazar la pared y pulir la superficie. Puesto que la presión está concentrada, el esfuerzo de torsión que se produce es mucho menor y se necesita menos agua que cuando se trabaja con las manos. El uso de los

nudillos es muy común en el formado preliminar de una pieza o cuando ésta es de gran tamaño. Las formas parcialmente cortadas de las Figs. 343-345, ilustran la forma en que la arcilla se estira y se adelgaza durante el proceso de formado.



341. Se emplea una costilla para adelgazar la pared y pulir la superficie.



342. Se pueden usar los nudillos para estirar la pieza hacia arriba y conformarla.



343. Las manos están rotando y los nudillos ejercen presión.



344. A medida que se afina la forma, los nudillos y la mano adelgazan la pared.



345. La presión se aplica tanto en el exterior como en el interior.

Problemas en el torneado

Uno de los errores iniciales más comunes entre los principiantes consiste en empezar el torneado con una bola de arcilla muy blanda; demasiado rígida o inadecuadamente amasada. Se re-

quiere bastante presión y mucha agua para centrar la bola sobre la cabeza del torno. Antes de proceder a abrir la bola, es necesario asegurarse de que está perfectamente centrada. De otra manera, el espesor de la pared no será uniforme, lo que por lo general produce una pieza defectuosa.



346. Cuando se trata de una pieza pequeña, ésta se separa del torno por medio de un alambre.



347. Después de separarla del platillo, la pieza se levanta del torno. (abajo izquierda)

Durante el torneado, un exceso de agua hará que la arcilla se ablande demasiado. La papilla que se forma en las manos no debe lavarse, pues constituye un excelente lubricante para el torneado. Algunos ceramistas usan una barbotina delgada en vez de agua. Las paredes deben mantenerse uniformes sin dejar huellas de dedos en forma de canales, que pueden crear zonas débiles en la pieza. Al tornear piezas grandes, se puede usar una esponja para eliminar las acanaladuras causadas por la presión firme sobre la masa de arcilla.

Cuando se está centrando la bola de arcilla se usan las palmas y los dedos y lo mismo sucede al estrangular una vasija o una botella grande, pero para un torneado normal, sólo se requieren las puntas de los dedos. Estos producen una presión mayor con menos fricción y son más sensibles para percibir el modelado que se va obteniendo. Siempre que sea posible, uno de los codos debe estar apoyado en el costado del cuerpo y los pulgares deben estar en contacto para mejorar el apoyo.

Es importante que la curva interior de la vasija se forme cuando el cilindro todavía está bastante bajo, pues es sumamente difícil formarla cuando las paredes son altas. La arcilla no debe ensancharse en la cabeza del torno, sino que debe estirarse al formar el cilindro. Es muy frecuente que los estudiantes novicios dejen la base demasiado gruesa.

Recursos especiales para el torneado.

Cuando se tienen que tornear recipientes grandes sobre un platillo de yeso para después cortarles las rebabas, resulta más conveniente tornearlos sobre la cabeza metálica del torno para después cortarlos con un alambre (Figs. 346-347). Un marcador embisagrado y ajustable constituye una ayuda muy útil para tornear piezas iguales (Fig. 348). Las piezas pequeñas, tales como las copas



348. Un macizado ayuda a tornearse uniformemente en una pieza grande.



349. Las piezas pequeñas pueden tornearse "sobre la masa".



350. Con el torno grande, se corta la tassa con un cordel.



351. El exceso de arcilla se recorta de la base de la tassa.

para huesos (Fig. 349) pueden tornearse "sobre la masa" (un montículo de 25 kg de arcilla). Para separar la forma torneada de la masa de arcilla, el operario forma una ranaladura en la base e inserta un cordel. Con el torno girando con lentitud, el cordel corta el recipiente en la base y lo separa del resto de la arcilla (Fig. 350).

Recorte de la base

El exceso de arcilla en el fondo de una pieza torneada puede recortarse cuando todavía está sobre la cabeza del torno. Las piezas pequeñas se

352. Se recorta la porción central de la base de la pieza.





353-354. Las piezas grandes pueden recortarse insertando el cuello en un cilindro de yeso.

cortan con un alambre trenzado inmediatamente después de finalizar el torneado. Las vasijas grandes se dejan secar un poco, se cortan con una cuchilla muy delgada y se recortan tal como se ilustra en las Figs. 351 y 352. El espesor de la base se puede discernir con una aguja delgada.

Los jarros pequeños pueden recortarse colocándolos invertidos sobre un recipiente de vidrio de boca ancha, que se mantiene unido al platillo del torno por medio de un rollo de arcilla. Para piezas mayores se puede usar una forma hueca de yeso (Figs. 353-354). Después del recorte los tazones grandes deben colocarse invertidos sobre una superficie plana para secarlos uniformemente y evitar deformaciones.

La base y el borde

Debido al énfasis que se da a la forma en general, los detalles de la base y los bordes no reciben la importancia que merecen. El error más común consiste en hacer el área de la base demasiado grande, lo que imparte una sensación de pesadez a la pieza, la cual en realidad, debe sugerir una forma en el espacio que está descansando grácilmente sobre el borde de su base

Es satisfactorio que una vasija pequeña y funcional muestre una base plana y que se perciban los rebordes dejados por el alambre empleado para cortar. Sin embargo, por lo general el centro de la base se recorta con una cuchilla curva (Fig. 352) para aligerar el área, así como para proporcionarle a la forma una sensación de continuidad de la curva. Existen muchos tipos de bordes de bases —altos y bajos, delgados y anchos, planos y delicados— y la clase que se use debe estar relacionada al carácter de la forma de la vasija y complementarla.

El borde de la base puede ser el resultado de una operación de recorte o, en el caso de una base alta, puede ser un cilindro torneado por separado y empalmado a la vasija con barbotina. Debido a que el ceramista suele estampar o grabar su nombre en esta parte, y debido también a que se trata de una área poco notable, muchos conocedores observan primero la base para apreciar lo que ésta revela sobre la actitud y la habilidad del artesano. Cualquiera que sea el tipo de base que se use, debe ser perfectamente uniforme y tener un ligero achaflanado en las orillas.

TORNO DE FORJA O TARRAJA

Se trata de un torno mecánico de moldeo para piezas de revolución.

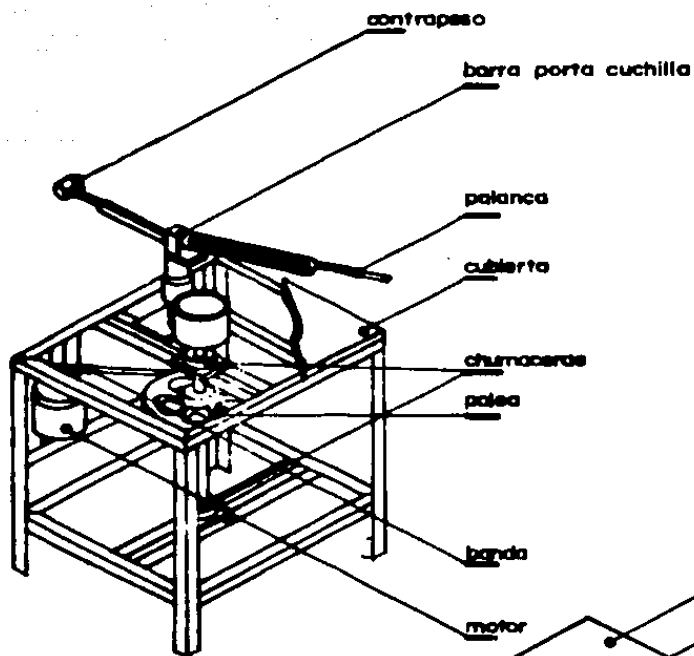
Un modelo de éste aparece en la página siguiente.

Consiste básicamente en un portamoldes o cerquillo que gira por la acción de un motor instalado en la parte inferior de la mesa de trabajo. Este portamoldes tiene forma cilíndrica, la que permite la introducción de la base de los moldes; va sujeto por un tornillo opresor a una flecha vertical apoyada en la cubierta de la mesa, y a la estructura del torno por medio de chuscas. El motor, a través de una polea y una banda, transmite el movimiento a la flecha.

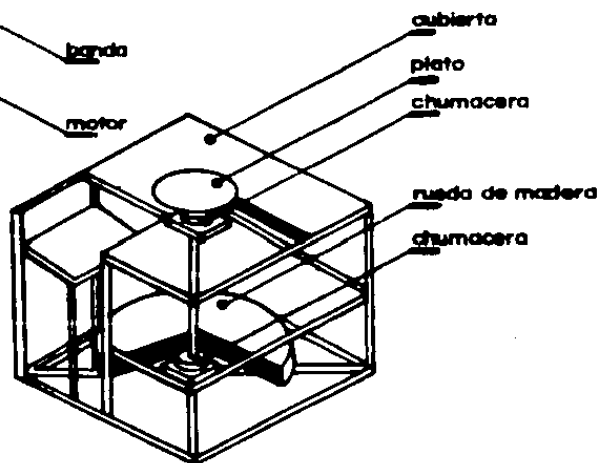
El sistema mecánico del portacuchillas, el cual conformará la pieza, está constituido por un soporte de acero de forma cilíndrica o rectangular, anclado a la cubierta de la mesa; éste fija la palanca portacuchillas destinada a efectuar un movimiento hacia arriba y hacia abajo que, ajustado en su altura, determina el grosor de la pieza a producir. La palanca portacuchilla se caracteriza por tener un contrapeso, un mango de donde asirse y la sección en la que, a través de una solera, se sostiene una lámina con el perfil de la pieza que se va a producir; esta es la parte que se introduce en el molde para conformar la pieza. Véanse las ilustraciones de un molde de A. Osholt y E. Villafañá páginas adelante.

Existen tarrajas manuales con los mismos principios básicos anteriores y que se utilizan generalmente para realizar moldes y piezas sencillas.

En las páginas siguientes, anexo las notas que, sobre el proceso, hace Nelson en su manual para el alfarero.



**TORNO DE FORJA
O TARRAJA**



TORNO DE PIE

Métodos de torneado con terraja

Todo ceramista principiante aprende pronto que resulta impráctico tornear piezas grandes o planas. Muchas generaciones de ceramistas han usado moldes de bisucos para conformar una de las superficies de los platos y para servir como apoyo de la pieza durante el secado. Con el uso de moldes de yeso, el proceso de formado es muy rápido y preciso. Además, el molde de yeso produce superficies más lisas que los moldes de bisucos.

La composición de las pastas de arcilla empleadas para torneado con terraja es muy diferente a la que se usa en el torno de alfarero. Puesto que la pieza se apoya en el molde durante el período inicial de secado, no es necesario que la pasta sea tan plástica. De hecho, y debido a que las arcillas plásticas se encogen más durante el secado, con lo cual aumentan las posibilidades de distorsión, se usan en cantidades limitadas. Para compensar esta pérdida de resistencia de la pasta, se le agregan diversos aglutinantes como extracto de lignina y metilcel.

Los ingredientes del cuerpo se pesan y se introducen en una mezcladora similar a la empleada en la preparación de barbotina. El líquido resultante se cuela y se bombea a un filtro preciso, aparato en forma de acordeón, hecho de marcos metálicos y bombas, que extrae el exceso de agua de la preparación, dejando la arcilla en estado plástico. La arcilla sale del filtro prensa en placas de 2.5 a 3.0 cm de grueso y de 40 a 100 cm de largo. Estas placas se ponen en la tolva de alimentación de una extrusora, que opera de manera muy similar a un molino de carne. La extrusora tiene una cámara de vacío en un extremo, y este vacío, combinado con la acción de compresión del tornillo, elimina todas las burbujas de aire de la arcilla. Esto elimina no sólo los posibles defectos del cuerpo, sino que también aumenta la plasticidad. Aunque no es tan crucial como en el torneado, la ausencia de burbujas de aire en la arcilla también es importante.

La arcilla puede extruirse en secciones de diferentes diámetros, dependiendo del uso que se les vaya a dar.

El diámetro para el plato que se muestra en la máquina torneadora sería de 15 a 20 cm. El cilindro que sale de la extrusora se corta con un alicate, formando rebanadas de unos 2 cm de grueso, que se van colocando sobre un lienzo en un banco de trabajo. Entonces la rebanada se aplana hasta que se comprime a la mitad de su espesor original. Esta tortilla se arroja con fuerza sobre el molde de yeso colocado sobre la cabeza del torno. El siguiente paso consiste en presionar para extraer cualquier bolsa de aire que haya quedado entre la tortilla y el molde. Esto se hace con la mano humedecida mientras el torno se hace girar lentamente. Una vez hecho esto, el operador baja la terraja hacia el molde, procediendo a comprimir la arcilla y cortar el exceso para formar el contorno inferior del plato y el borde de la base. El molde se retira de la cabeza y se coloca en un transportador que lo lleva al secador. Finalmente, se separa el plato una vez que está seco, y el reborde que quedó en la orilla del plato se recorta y se pule.

El vaciado de barbotina no permite obtener espesores uniformes. Las tazas pesadas y con asas suelen formarse por vaciado, pero las piezas de porcelana delgada se tornean con terraja, pues incluso las variaciones de espesor más pequeñas resultan notorias en la pieza terminada. El procedimiento para torner tazas y tazones con terraja es algo diferente: el molde es una forma hueca y la terraja conforma la superficie interior de la pieza. Uno de los métodos empleados consiste en arrojar una bola de arcilla sobre el molde y usar la terraja para forzar la arcilla hacia abajo y hacia los lados y formar las paredes. Otro procedimiento empieza por el torneado de una forma aproximada de la taza en un torno manual.

Esta forma se coloca en el molde y se termina con la terraja como en el caso de la otra técnica.

El método que se usó depende en alto grado de las características del cuerpo de arcilla y, hasta cierto punto, de la forma deseada. Las máquinas modernas son completamente automáticas y producen un gran número de piezas por hora.

MOLDES, MATRICES y ELABORACION DEL MODELO

Molde.-

El molde es una reproducción fidedigna de una pieza cualquiera y sirve para reproducir, generalmente un buen número de veces, la pieza de la cual es copia fiel.

Como es esencial que permitan la extracción de la pieza en ellos moldeada, sin roturas o deformaciones graves, los moldes deben ser de materiales que absorban el agua que hay en la superficie de la pieza moldeada, facilitando desprenderlas del molde y haciendo más sencilla su manipulación. El yeso es el material idóneo.

Véanse más adelante las notas de Nelson que anexo.

Matrices.-

Son moldes que reproducen moldes. Teniendo el modelo, se obtiene un molde básico a partir del cual se reproducirán los moldes necesarios de una manera continua.

Modelos.-

En base al perfil de la pieza, se fabrica una terraja metálica que se ensambla al aparejo de rotación del torno (de terraja). Ahí, en base a los pasos descritos para el torno en cuestión, se elabora el modelo que debe ser de mayor dimensión que el tamaño final de las piezas -recuérdese el encogimiento al momento del horneado-; con este modelo se elaboran las distintas secciones (hembra y macho) que servirán como matrices o directamente como moldes.

Los procesos para mezclar el yeso, y aquellos útiles para hacer el vaciado de la barbotina, aparecen a continuación en las notas de Nelson que ahora anexo. Revísense también, los comentarios al respecto en el capítulo sobre las pastas.

DISEÑOS DE PRODUCCION

Aunque el prototipo para una pieza de producción en serie puede originarse de un torno alfarero, es esencial que el diseñador de cerámica tenga algo de experiencia con las técnicas de vaciado de barbotina y torneado con terraja. Los largos procesos que llevan a la industrialización de un modelo, requieren que exista una estrecha colaboración entre el diseñador, el preparador de los moldes, el químico de barnices y el ingeniero de producción. Por lo general, el prototipo se torna, pero el preparador de los moldes casi siempre trabaja a partir de un dibujo a escala (Fig. 446).

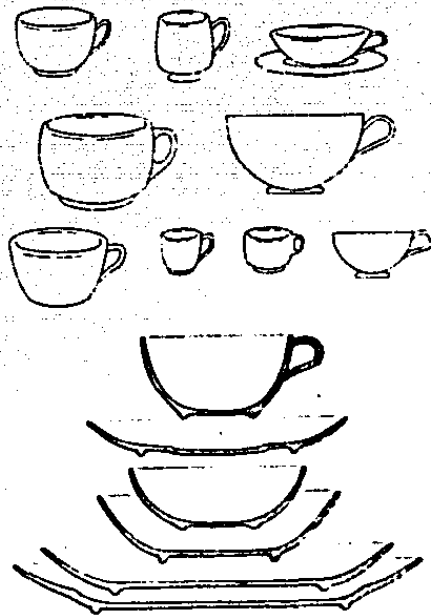
El diseñador produce primero varios diseños para eliminar en forma gradual los que resultan poco funcionales, demasiado comunes o de gran dificultad para reproducirlos. Puesto que las tazas son las piezas más comunes de los juegos de vajilla, suelen constituir el punto de partida.

Cuando ya se ha determinado su forma aproximada, se diseñan las otras piezas relacionadas. Es esencial que el diseñador tenga sensibilidad hacia las formas de arcilla y que cuente con conocimientos de los defectos que se pueden producir durante el quemado. Las vajillas pesadas no son muy populares. Por lo tanto, el borde de la base y las paredes deben tener un espesor apenas suficiente para soportar la forma.

Después de determinar las secciones transversales (Fig. 447), se prepara un molde de yeso. En base al dibujo del perfil de la pieza, se fabrica una terraja metálica (Fig. 448) que se ensambla al aparejo de rotación. Alrededor del eje central se vierte yeso en pequeñas cantidades hasta completar la forma. Con un movimiento circular de la terraja y se recorta el exceso y se obtiene así el modelo de yeso sólido.

Debido al encogimiento que se presentará durante el quemado, el modelo final debe ser de mayor tamaño. Los detalles de la forma pueden terminarse con herramientas especiales a medida que el modelo final va quedando listo en el torno (Fig. 449). Después de completar el modelo de yeso, se recubre con un separador especial. Se coloca un collarín metálico que servirá como soporte, y se vierte yeso sobre el modelo para obtener el molde de torneado con terraja. La Fig. 450 muestra la operación de recorte del molde para que encaje bien en la cabeza del torno de terraja. Es necesario contar con suficientes moldes para una producción que puede ser de miles de piezas diarias. La Fig. 451 ilustra las secciones superior e inferior del molde seccionable empleado para fabricar el molde de bloque para torneado con terraja. Los registros machihembrados sirven para ensamblar las secciones con precisión cuando se va a verter el yeso para el molde sólido. Los moldes de ensamble se hacen con un yeso más denso y duro que el que se usa para el torneado con terraja, el cual debe absorber agua de la arcilla después del torneado.

En el torneado con terraja, el molde de yeso sólo conforma una de las superficies de la pieza. La superficie interior se forma por la acción constante de la terraja. La Fig. 452 muestra la terraja de acero colocándose sobre el molde para comprobar el espacio libre, y la Fig. 453 ilustra una mitad del asa de una taza sobre una base de yeso o mármol. Después de colocar las paredes de sosten sobre la forma modelada, se vierte una capa de yeso para formar la mitad del molde. Sobre el yeso fresco se tallan los registros para el ensamble y la sección completa del asa queda lista.



Estas etapas del procedimiento de diseño para producción.

436. Se preparan dibujos a escala a partir del prototipo inventado.

437. Se usan secciones transversales para preparar el modelo de yeso.

438. Con el dibujo del perfil, se fabrica una terraza metálica.





449. Preparación del modelo de yeso para el torneado en terrazo.



450. La forma del modelo se refina con herramientas de corte.

451. El modelo se recorta para que encaje sobre la cañota del tornu.

452. Secciones superior e inferior de un molde completo.

453. Terrazo de arena y molde de yeso para una teta.



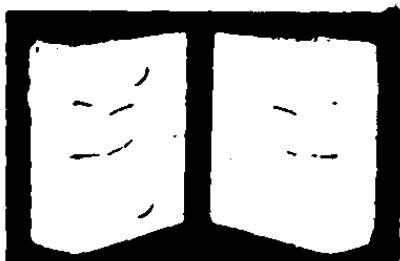
Para facilitar la separación de los moldes se puede usar un jabón neutro. Sin embargo, si el molde está demasiado seco, es necesario humedecerlo antes de frotar el jabón y proceder a vaciar, pues de otra manera, el jabón se absorbe en el yeso seco y las dos secciones quedarán adheridas. Después del vaciado se procede a tallar las aberturas de ventilación en el yeso húmedo (Fig. 454). Sin embargo, antes de verter barbotina para formar el asa, las secciones del molde deben estar secas. Para un proyecto de diseño a escala piloto, es suficiente contar con un solo molde; en el trabajo de producción se requiere vaciar muchas asas al mismo tiempo.

El diseño de un plato es algo diferente al de una teta. En este caso, el molde de yeso debe formar la superficie interior de la pieza, esto es, la que quedará hacia arriba. La terraja se corta para conformar la superficie inferior (Fig. 455). El molde para vaciado de barbotina no es igual al que se usa para el torneado, pues en general





454. *Medio transversal de una tira de yeso sobre una base de yeso.*



455. *Las dos mitades de un molde de yeso para el uso de una taza.*



456. *Se aplica una terraja para formar la superficie interna de un plato.*



457. *Las tres secciones de un molde de yeso usado para la salida de la botina.*

consta de tres secciones (Fig. 456). Sin embargo, las formas de vasos simples pueden vaciarse en un solo molde. El proceso involucrado, desde los dibujos iniciales hasta la línea completa

es largo y complicado y pueden pasar varios años antes de que se inicie la comercialización del producto.

Procedimientos para mezclar el yeso

Existen muchas variedades de yesos de diferentes durezas y velocidad de fraguado, para usarse en la preparación de moldes, moldes sólidos o moldes de secciones. En teoría, bastan

18.6 kg de agua para fraguar 100 kg de yeso; en la práctica se requieren cuando menos 60 kg de agua para que el yeso fluya bien. Mientras menos agua se use, más resistente será el yeso fraguado. El yeso fragua en unos veinte minutos, pero debe verterse antes de que comience a endurecerse. Este lapso de tiempo depende del procedimiento de mercadeo. El yeso debe tamizarse al adicionarlo al agua (para evitar la formación de grumos) hasta que el agua ya no lo absorba más. Después se deja reposar de tres a cuatro minutos, para que se remoje bien. Las preparaciones de poco volumen pueden mezclarse a mano, pero para grandes masas es necesario usar un mez-

clador mecánico. Después de mezclar durante varios minutos, el yeso comenzará a endurecer, lo cual indica que se debe iniciar el vertido. Una vez que el yeso ha comenzado a fraguar, ya no se puede usar y debe desecharse. (No debe verterse al caño del lavado, pues llegará a obstruir las tuberías.) Los fabricantes de yeso proporcionan tablas que indican la resistencia y la porosidad de diferentes mezclas. Para la producción en serie, es muy importante que todos los moldes tengan porosidades similares.

Técnicas para vaciado de barbotina

El vaciado con barbotina es un método para fabricar piezas cerámicas que consiste en verter arcilla líquida en un molde absorbente hueco.

Después de unos cuantos minutos, la superficie interna del molde se recubre con una capa densa de arcilla. La arcilla se va espesando a medida que el molde absorbe el agua. Al lograr el espesor deseado en la capa de arcilla adherida, el exceso de líquido se extrae a través de los orificios de vertido. La capa de arcilla que queda se sigue secando y después de unos minutos, se despegará del molde al irse encogiendo. Las formas de tazas simples pueden vaciarse en moldes de una sola pieza, aunque las piezas complicadas y con cortes requieren moldes de dos, tres o más secciones.

Cuando se usan muchas secciones, se debe contar con registros machihembrados para el ensamblaje, y éste se mantiene firmemente unido por medio de bandas de hule gruesas como las que se pueden cortar de cámaras de llantas para automóvil. A medida que el agua se absorbe en el molde de yeso, el nivel de la arcilla líquida en la cavidad irá disminuyendo y deberá agregarse una cantidad adicional. Para evitar que las adiciones sean demasiado frecuentes, se añade un collar a la parte superior del molde que sirve no sólo como embudo para el vertido, sino también como depósito de reserva. Asimismo, el ángulo del ro-

llar sirve como guía para recortar el borde superior de la pieza formada. Esto se hace con una cuchilla curva cuando la pieza se ha endurecido un poco. Después de esto se procede a separar las secciones del molde con todo cuidado y los rebordes del empalme de las secciones se recortan y se pulen con una esponja húmeda para obtener una superficie lisa.

Para evitar un encogimiento desigual o la formación de bolsas de aire, algunas piezas tienen que vaciarse en secciones que después se unen con barbotina. Esto es típico en el caso de las asas, que son sólidas y no huecas como el resto de la pieza.

Dependiendo de las características de la arcilla, este empalme de las secciones puede hacerse ya sea cuando la arcilla esté semisecada o cuando esté seca.

El procedimiento es muy diferente al que se usa para piezas torneadas, en el que las secciones deben unirse tan pronto como sea posible hacerlo sin producir distorsiones.

Barbotinas

A diferencia de las arcillas para torneado manual, un cuerpo de arcilla para torneado con tornos no tiene que ser muy plástico. De hecho, casi siempre se evita el uso de arcillas plásticas, pues su mayor absorción de agua produce más encogimiento, lo cual conduce generalmente a una distorsión. Para impartirle mayor resistencia a la pieza antes y después de secar, se pueden usar diversos tipos de aglutinantes. Esto compensa sobradamente la presencia de ingredientes poco plásticos.

El factor de mayor importancia en el trabajo con barbotinas es el uso de defloculantes, tales como el silicato de sodio y el carbonato de sodio. La solución de 1% de cualquiera de estos materiales a la arcilla, reduce en alto grado la cantidad de agua necesaria para que la arcilla adquiera la fluidez requerida. Una arcilla bien defloculada puede vertirse sin dificultad, pero tiene una consistencia espesa que ayuda a retardar la sedimentación de las partículas gruesas. El caolín de Georgia, que tiene un tamaño muy uniforme de partículas, es uno de los constituyentes más comunes para las barbotinas de porcelana. Una de las características negativas del formado con barbotinas, es que su gran tenacidad superficial resulta poco atractiva en comparación con el color y la textura de las piezas torneadas.

El nombre común del silicato de sodio es vidrio soluble, y consiste en una solución de silicato de sodio en agua. El silicato de sodio se fabrica fundiendo una mezcla de carbonato de sodio y arena de sílice. El término es genérico, pues la proporción de sodio respecto a la sílice puede variar bastante. La solución adecuada que se usa como defloculante cerámico puede obtenerse comercialmente. El carbonato de sodio (cenizas de sodio), ya sea solo o en combinación con el silicato de sodio, es un defloculante más efectivo que el silicato de sodio solo, para las barbotinas con materia orgánica, tales como las que se preparan a base de arcillas de bola. La barbotina defloculada no debe almacenarse por períodos largos, en especial en climas cálidos, pues puede fermentar y esto causa que se formen orificios en las piezas terminadas.

El procedimiento usual consiste en usar más tres partes de la solución comercial de silicato de

sodio por una parte de carbonato de sodio. Las proporciones exactas dependen de la fórmula del cuerpo. Si ésta incluye una gran cantidad de arcilla, es preferible usar una mezcla de partes iguales de los dos defloculantes. Después de pesarlo, el carbonato de sodio se disuelve en agua caliente y se añade al agua de defloculación junto con el silicato. Al principio, conviene empezar con 100 kg de la pasta seca, que se añaden lentamente a un recipiente conteniendo 50 kg de agua. Después de mezclar unos minutos, se verá si se requiere añadir más agua o más sólido. La barbotina resultante debe tener una consistencia densa, como de jarabe. Se puede usar un mezclador mecánico aunque para pequeñas partículas basta con mezclar manualmente. La barbotina debe tamizarse antes de usarla, pues las partículas aglomeradas se sedimentan y producen defectos en la pieza. Es necesario tomar precauciones para tamizar y llenar los moldes en forma apropiada, a fin de evitar que queden burbujas de aire atrapadas en la barbotina.

Es conveniente no usar más de 1% de defloculante, o menos si es posible, en relación al peso seco de la pasta, pues un exceso puede causar una consistencia pastosa que no fluye bien. Además, el exceso de defloculante sella los poros del molde de yeso, con una película insoluble de silicato de calcio, lo que dificulta la separación de las piezas y quizá inutilice los moldes. A este respecto, el carbonato de sodio causa más dificultades que el silicato. Para evitar esta acumulación en las superficies interiores, los moldes deben secarse desde el exterior insuflándolos o cubriéndolos con orificios.

MOLDES PARA TORNO DE FORJA

Los moldes para tornos de tarraja o forja son circulares y pueden ser con la concavidad interior del objeto, en este caso son la pieza llamada hembra, o pueden ser, según las características de la pieza, en forma de bajo relieve, en ese caso son la pieza llamada macho.

Los moldes suelen tener una pestaña o borde en el diámetro exterior para impedir que se introduzcan completamente en el portamoldes.

Suelen generalmente estar hechos de una y hasta tres piezas. Véanse las ilustraciones (secciones en corte) de A. Gisholt y E. Villafañe en la página siguiente.

MESA Y MOLDES PARA VACIADO

Para realizar el proceso de moldear en la técnica de vaciado se utilizan, además de los moldes, mesas que facilitan la manipulación de los moldes.

Se trata de mesas con la cubierta formada de tablones y con espacio suficiente entre uno y otro para permitir el escurrimiento de la pasta líquida sobrante.

Es importante considerar en esta etapa de producción de piezas cerámicas con el uso de moldes de vaciado, el tamaño y el volumen de los moldes, su manipulación y diversas acciones alrededor de ellos, todo esto para efecto de tener espacio suficiente en el taller para su manejo en las tareas de vaciado, secado, refinado y almacenaje de los moldes.

Los pasos más comunes para el vaciado son los siguientes:

1.- Se ajustan entre sí las partes del molde con una banda elástica, impidiendo con ello que cuando se vierta el líquido (barbotina) en su interior se abran las partes y se separe el conjunto.

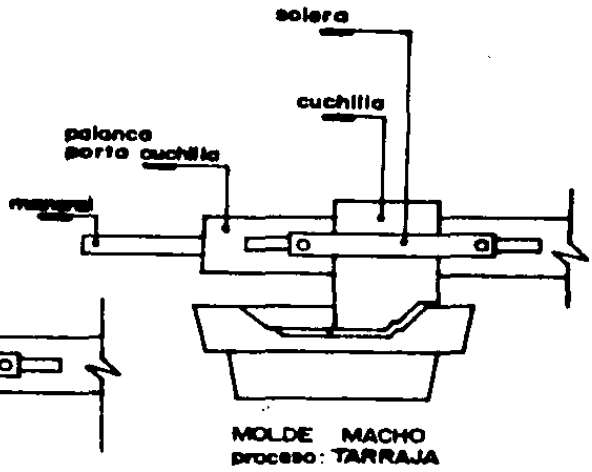
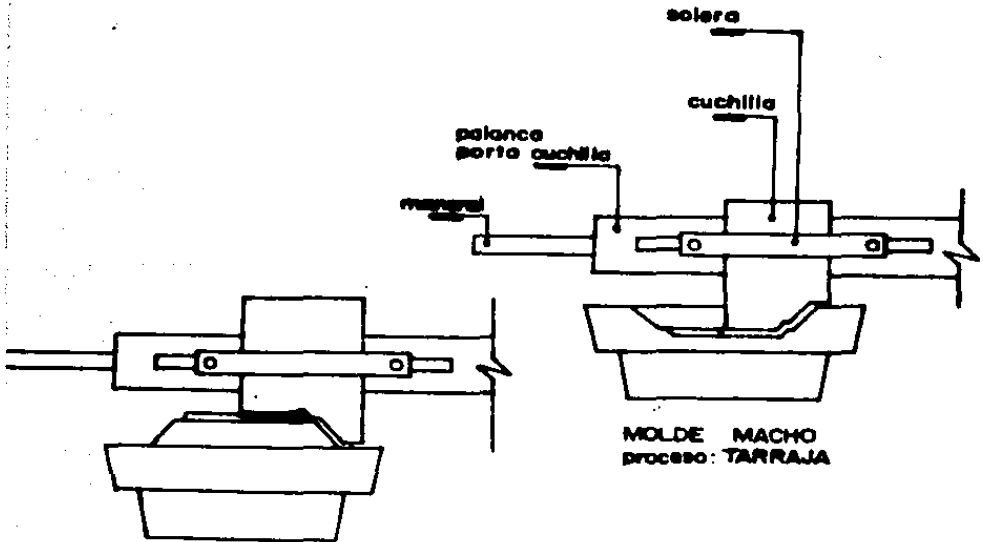
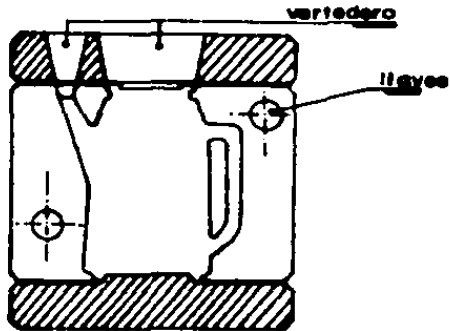
2.- Para efectuar la operación de vaciado se colocan los moldes en las mesas apropiadas.

3.- Se procede a llenar los molde hasta el nivel del borde superior.

4.- Luego del tiempo necesario para que fragüe la pasta y alcance el grosor adecuado (esto depende del diseño, el tipo de pasta y el uso que tendrá la pieza), se voltean los moldes y sus vertedores se colocan en los espacios entre los tablones de la mesa; ahí se procede a quitar el sobrante de la pasta líquida, mismo que va a dar a recipientes bajo la mesa.

5.- Se quitan las bandas elásticas, se separan las piezas del molde y se deja secar el objeto antes del refinado y el rebabeado (ver en páginas adelante estos procesos).

MOLDE DE JARRA (4 piezas)
proceso: VACIADO.



OTROS PROCESOS DE MOLDEO

El uso del torno de pie, de tarraja y los moldes antes descritos, son los procesos más comunes en la cerámica artesanal y en la pequeña industria. En la producción industrial y más moderna se utilizan otros procesos adicionales y otras técnicas que utilizan los mismos principios pero con tecnologías más complejas y productivas.

Entre ellas es común el **PRESADO** con moldes de grafito, el **APISONADO** con moldes metálicos y también de yeso, el **EXTRUIDO** y el **FESTONADO** con plantilla circular. Todos ellos, en esencia, consisten en moldear formas sencillas sin rebordes laterales, bajo grandes presiones que comprimen la arcilla hasta darle la forma y consistencia necesarias. En el extruido, por ejemplo, la pasta se conforma al ser conducida, por presión neumática, al través de un conducto que le va dando el perfil, la pieza entonces adquiere la forma del molde por donde pasa. Cuando la pasta es así presionada por un conducto o bajo la acción de prensas hidráulicas, el producto adquiere una consistencia mayor que en los procesos de moldeo con tornos. Este es el caso de objetos como los aisladores eléctricos (en los que se usa una pasta casi seca, con cera como lubricante) o el de piezas electrónicas, como algunos capacitores y resistencias. En el presado, el material cerámico es comprimido entre las formas de un molde y posteriormente separado de los dados machihembrados (nombre que generalmente reciben los moldes) por la acción de aire comprimido que fluye por diversas perforaciones hechas en el molde; esto permite separar las piezas muy rápido y evitar adherencias de la pasta a los moldes.

Revísense las notas sobre formas de moldeo y condición de la pasta en la clasificación de Singer del capítulo sobre pastas.

Otros procesos de moldeo son el **MOLDEADO A MANO**, el **PASTILLAJE**, el **ARROLLAMIENTO** y el **FORMADO CON PLACAS**. Todos ellos son comunes en la hechura de piezas únicas, la escultura, las prácticas con el material cerámico a nivel escolar y en la cerámica artesanal. Sin ser menos comunes que los procesos antes descritos, son, sin embargo, limitados a la práctica artística y a la realización de pruebas.

En el **MOLDEADO A MANO** se conforma la pieza por presión manual y sin el uso de aparatos, a partir de una bola de arcilla, remojada y amasada. En ocasiones se extiende la arcilla plástica en forma de tortilla sobre moldes convexos, se recortan los sobrantes y por presión manual, se conforma la pieza a la figura del molde.

En el **PASTILLAJE** se colocan pedazos pequeños de la pasta sobre una figura para darle cierto aspecto decorativo. Es muy común en

la hechura de figuras y pequeñas esculturas artesanales donde los detalles se realizan separados y se van adicionando a la figura por simple presión de la arcilla, ligeramente remojada.

En el ARROLLAMIENTO se prepara una tortilla o una placa de arcilla para hacer las veces de una base sobre la que se irán colocando rollos de pasta, es decir 'chorizos' del largo y el ancho que la dimensión de la figura requieran. Una explicación más detallada de este proceso y el de FORMADO CON PLACAS lo podemos encontrar en el texto de Nelson que reproducimos en la página siguiente.

**** A nivel académico, la práctica de todos los procesos de moldeo se hace interesante y es fundamental, al menos su análisis, si no hay una práctica directa, así como ver las piezas que con cada uno se producen y los equipos con los que se crean. Los procesos de moldeo a mano, si no llevan mucho tiempo (dos o tres sesiones) deberían ser practicados. El moldeo con torno y tarraja, la hechura de por lo menos un molde y la visita a los centros de producción donde operan prensas hidráulicas, son básicos, pero sin olvidarse de que todos ellos deben ser planeados, analizados a profundidad y comprendidos antes de ser realizados. Esto significa que no tiene mayor sentido pedagógico y formativo, el sentarse ante el torno o el moldear una figura si antes no hay un estudio de la utilidad y el sentido del objeto por crear, la herramienta por utilizar y el significado que comercial y socialmente tiene el objeto por crearse y el equipo que será utilizado. Esto, por supuesto, no debe tampoco condicionar ni la creatividad ni el ejercicio de improvisación; la armonía entre la disciplina, la razón y la libertad son producto, en el proceso pedagógico, de matizar sobre la realidad concreta y no sobre un modelo ideal y rígido, por muy atractivo que éste parezca.**

De nuevo es importante aquí recordar la necesidad de contar con ejemplos de piezas, esquemas de producción y muestras de herramientas en el taller de estudio; sin ellas, la enseñanza se hace abstracta y sin referencias.

Antes de presentar los comentarios de Nelson al respecto de los procesos manuales arriba introducidos, y cerrar este capítulo relativo a los procesos de moldes, vale la pena recordar que el estudiante de cerámica, a diferencia del profesional y el industrial, debe conocer las bases del tratamiento de los materiales y las bases técnicas sobre las que opera un equipo, más que dedicarse a la práctica, si bien entretenida, demasiado ardua, en la hechura de piezas con todos los procesos que va revisando.

Una bola de arcilla plástica se moldea en forma de rollo utilizando las palmas de la mano y una losa plana. La arcilla no debe estar ni muy húmeda, para que no se pegue, ni muy seca, para que no produzca grietas. Para unir los rollos se puede emplear barbotina, pero este procedimiento es lento y tedioso; si la arcilla tiene una consistencia correcta, no se necesita barbotina. El método de rollos no es práctico para todas las formas. Para las formas planas de tipo plato es preferible utilizar la técnica de tortillas presionadas sobre moldes de yeso, mientras que las formas pequeñas y simétricas pueden tornearse. Sin embargo, cuando se trata de arcillas gruesas y/o con chamota, el torneado resulta casi imposible y se prefiere el método de rollos.

A menos que una pieza sea excepcionalmente grande, lo usual es formar un rollo de longitud suficiente para obtener tres círculos de la base. Los rollos se unen por dentro y por fuera de la vasija por medio de una fricción vertical con los dedos. No debe utilizarse una presión muy grande, pues la forma se distorsionaría. El interior debe irse haciendo terso a medida que se van añadiendo los rollos, pero mientras éstos quedan bien unidos no es necesario que la superficie exterior vaya quedando perfecta. Al terminar la forma esta superficie puede alisarse con un rascador flexible y se pueden añadir decoraciones aplicadas, prensadas o esculpidas.

Algunas formas se pueden distorsionar si los rollos se adicionan con demasiada rapidez, por lo que puede ser necesario dejar secar un poco los primeros rollos (protegiendo el borde del último con un lienzo húmedo) antes de continuar construyendo la forma. Los trabajos interrumpidos pueden cubrirse con una bolsa de plástico para evitar que queden demasiado rígidos, pues si la arcilla se seca en exceso, no se pueden adicionar los siguientes rollos húmedos ni se pueden añadir asas u otras decoraciones. Cuando se reanuda el trabajo en una pieza parcialmente seca, el borde superior debe escoriarse (raspado y haciendo cortes con una herramienta filosa) y añadirse barbotina para facilitar el empalme. La pieza terminada se cubre con plás-

tico o se coloca en una caja húmeda para que la humedad se extienda por toda la pieza. Si se seca al aire libre, las adiciones pegajosas, tales como asas y bordes, deben envolverse con una toalla de papel mojada para evitar que se sequen con demasiada rapidez.

Formado con placas

Además del método muy simple con moldes, que se describió al principio de este capítulo, pueden hacerse muchas otras formas utilizando la técnica de placas.

La placa puede formarse con la palma de la mano o con un vasillo.

Para obtener el espesor deseado. Para evitar que la arcilla se adhiera a la boca, debe apianarse sobre un trozo de lienzo, lo cual facilitará además la transferencia. También se puede proceder sobre una junta de yeso seco, o lienzo, espolvoreando chamota sobre la superficie plana.

Si la forma por fabricar es bastante plana, las placas de arcilla deben tener rigidez de curvo antes de conjuntarse. Los empalmes se escorran y se unen con barbotina. Puesto que las secciones planas horizontales tienden a colgarse durante la construcción y el quemado, puede ser aconsejable insertar paredes de partición de arcilla. Estas deben tener aberturas para permitir un secado apropiado.

PROCESOS

REFINADO Y REBABEADO

Tiene como objetivo perfeccionar, pulir, acabar y darle un aspecto limpio a la pieza preparada en las operaciones previas. Consiste básicamente en:

a) Retirar rebabas como las líneas dejadas por las juntas del molde.

b) Reparar las cavidades que suelen presentarse durante el moldeo, tapando con el mismo tipo de pasta de la pieza las marcas, perforaciones y cualquier imperfección menor.

c) Cuando una pieza ha de tener claros, aberturas, perforaciones, etc. que atraviesen su espesor y no pudieron ser realizadas durante el moldeo, se elaboran en esta etapa con herramientas de mano.

En los procesos industriales, estas operaciones se realizan mecánicamente o bien con el uso de moldes más complejos y herramientas muy precisas.

UNION DE PARTES

Cuando la pieza tiene protuberancias difíciles de confeccionar en el molde, estas se realizan por separado y se unen posteriormente a la pieza moldeada.

Es importante que las piezas, la principal y las partes por unirse, tengan la misma humedad. La unión se hace con barbotina del mismo material.

SECADO Y ENCOGIMIENTO

Para cocer los objetos cerámicos es preciso que estén completamente secos.

Para esto se utilizan estanterías, a veces en cuartos cerrados y de preferencia cerca de los hornos. También se usan entrepaños envueltos en plásticos, especie de invernaderos donde se puedan controlar la humedad y el calor.

La contracción de las pastas es muy variable según los componentes que las constituyen. Es importante realizar experimentos de encogimiento como los descritos en el capítulo de pruebas, controlar la temperatura, los tiempos empleados y los procesos usados; sin embargo es inevitable que la pieza terminada en esta fase del proceso sufra encogimientos no previstos en las pruebas con briquetas y los moldes. Por ello es en esta etapa donde se necesita verificar una vez más el correcto dimensionamiento de la pieza, el molde y los materiales, para obtener las medidas correctas al iniciar de nuevo el proceso y poder corregir uno o varios de los parámetros utilizados. En ocasiones, las variaciones de dimensión por el encogimiento pueden

ser de 5% hasta un 20%, de aquí la importancia del control adecuado.

Es importante indicar que si la pieza va a ser decorada con la técnica de aspersión (ver adelante en el capítulo sobre decoración) ésta, la aspersión, debe ser realizada antes del secado, así la cubierta será más uniforme en su decoración.

El encogimiento es tal vez el factor más determinante en la creación de objetos cerámicos. La conciencia y el control de éste deben ser considerados desde el inicio del trabajo con el material).

PROCESOS

DECORACION

Introducción.-

Este capítulo es el más extenso. Sobre el tema se escribe constantemente, surgen nuevas proposiciones, se recrean fórmulas y cualquier ceramista profesional se siente con legítimo derecho a indicarnos nuevas variantes, técnicas de aplicación y posibilidades. La razón es simple: la decoración es lo más evidente, más aún que la forma misma del objeto, y en ella se muestra el sello del autor, el estilo del taller, las técnicas y el tipo de pasta utilizados; además, en la decoración están las formulaciones y los métodos particulares de una región, del diseñador, de una época y tecnología. Las piezas pueden ser de forma idéntica y, sin embargo, la decoración las puede hacer verse muy diferentes.

Hay muchos textos que nos indican técnicas y fórmulas, características y aplicaciones de las cubiertas cerámicas -nombre genérico con que se conoce la capa que cubre la pieza de cerámica y que es la que le da el color y parte de la textura-. De entre textos y manuales sobresale, en castellano, el texto de J. Llorens Artigas, Formulario y prácticas de cerámica; Editorial Gustavo Gili-Barcelona. En ella se enumeran cientos de fórmulas para obtener colores y cerámicas diversas. A esta obra le ocurre lo de la mayoría de los manuales de cerámica, hacen referencia a las arcillas y componentes de cierta región, país o empresa comercial. Esto los hace, en apariencia, limitados no obstante hoy podamos encontrar equivalentes en muchas empresas dedicadas a la venta de materiales cerámicos; sin embargo, con un poco de práctica, el ceramista descubre por los nombres o resultados previstos, el tipo equivalente de componente al que se refiere el texto. De todas maneras, no es muy útil iniciarse en la cerámica consultando estos libros del tipo manual de fórmulas. Su uso es común en el taller del profesional como referencia y recurso de investigación.

Para el estudiante es mejor consultar la descripción de los procesos, las características generales de algunas sustancias y sus propiedades, que aparecen en textos como los que hemos escogido para este trabajo y que trataremos de completar con notas adicionales.

En este capítulo revisaremos los siguientes temas: la decoración directa sobre la pieza a base de tallados, la aplicación de colorantes, de metales, de vidriados o esmaltes y, además de otros temas afines, las diversas técnicas de aplicación y su utilidad.

De nuevo, como en capítulos previos, nuestro recorrido por los materiales y procesos no puede ser lineal, es decir no haremos la

revisión en el orden estricto con el que el proceso se aplica o en función de la importancia que tiene cada material. La razón es de carácter didáctico y se trata de ir de lo más simple de comprender hacia lo más complejo; de presentar, en el caso de pruebas, defectos y correcciones de los vidriados primero estos, y luego las características de los vidriados en sí. De esta manera podremos comprender mejor, al conocer el aspecto del producto terminado, antes de conocer su formulación, la finalidad de controlar y conocer las variables diversas que se tienen que manejar en su cálculo y hechura.

Aunque extenso, este capítulo es la síntesis de lo más sobresaliente de entre los textos que hay sobre el tema y a la vez, lo más selecto de los textos de los dos autores que escogimos, Nelson y Vittef.

DECORACION / GENERALIDADES

SOBRE LA PASTA EN ESTADO SEMIRIQUIDO.-

Con dos nombres se conocen las técnicas de trabajo de decoración sobre una pieza cuando ésta se encuentra aún en estado semiriquido, es decir aun sin secar.

Se trata del tallado y las incisiones. En uno y otro caso, a través del uso de herramientas sencillas o de las manos mismas, se hacen raspaduras, se tallan formas, se dibujan figuras diversas (generalmente geométricas), se deja la huella que produce la textura de otros materiales o bien se incorporan pedazos de materiales diversos que quedarán marcados o, si resisten el calor, embutidos en la pieza luego de cocerse.

Estas técnicas pueden realizarse también mecánicamente en la industria. En un caso o en otro, en la producción masiva o la creación artística, son formas sencillas de decoración que generalmente no usan cubiertas de esmaltes o colorantes y que hacen de la pasta misma, la decoración tallada y la forma obtenida, el centro de atención de la pieza cerámica.

Decoracion SCRUFFITO.-

En este tipo de decoración se aplica un engobe (ver más adelante lo que es un engobe) que no esté muy húmedo ni demasiado seco sobre la pieza; posteriormente se raspa para dejar expuesta, bajo las incisiones, el color y la textura de la arcilla sobre la que se aplica el engobe en esta técnica de decoración.

Técnica MISHIMA.-

Parecida a la técnica del barniz maque en la sadera, consiste en llenar una línea o un área de incisión con una arcilla

plástica de color contrastante. Cuando la pieza está seca, la superficie se raspa para mostrar el diseño embutido.

SOBRE LA PASTA EN ESTADO SECO.-

En este estado es cuando suelen aplicarse los colorantes y, en muchas ocasiones, los barnices; todo antes de ser cocida la pieza y cuando ya está seca completamente. Véase adelante la descripción de las técnicas de aplicación y las características de los colorantes y barnices.

Estos se aplican sobre la arcilla seca del mismo modo como se pintaría una pieza rígida de otros materiales que también aceptan la pintura.

Repelentes de CERA.-

El diseño se traza con cera (parafina, cera de abeja o con emulsiones de cera solubles en agua) que repele el color aplicado, dejando así, al quitar la cera, el fondo de la base al descubierto rodeado por el colorante que se sobrepuso a la pieza sin cera.

DECORACION SOBRE LA ARCILLA BISCOCHADA.-

La arcilla biscochada es aquella que fue sometida a un cocción en el horno a baja temperatura, de manera que la pasta está ya endurecida y sobre ella se facilita la aplicación de las cubiertas decorativas, que en una segunda y definitiva cocción quedarán unidas permanentemente a la pieza.

DECORACION. MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS

Cuando la decoración de la pieza no se realiza con alguna de las primeras técnicas arriba descritas, y consiste en el dibujo, coloración u otra variante de ornamentación similar a la pintura, entonces se realiza con la aplicación de materiales químicos que, bajo la acción del calor, se adhieren a la pieza y adquieren su coloración. Por supuesto, pueden ser mezcladas las técnicas antes descritas con las que a continuación describiremos.

Los materiales químicos a que nos referimos son la mezcla de materiales cerámicos y substancias diversas que forman una combinación capaz de unirse a la superficie de la pieza y además, bajo el efecto del calor en el horno, adquirir un color peculiar.

Las características de los materiales utilizados en la decoración, así como los procesos combinados en el horneado -temperatura, tiempo, etc- determinan el resultado en la

decoración de una pieza, que puede variar a su vez mucho entre una pasta y otra, un modo de horneado y otro. Así mismo, la proporción de material decorativo utilizado y el lugar donde éste se coloca en la pieza, los procesos de aplicación y las condiciones en que se realizan éstos pueden hacer que el resultado sea muy diferente.

Es evidente pues, la gran cantidad de variables que tienen que ser controladas durante la hechura y aplicación de un barniz; de no controlarse o desconocer sus características y efectos luego del horneado, pueden no sólo obtenerse imperfecciones, sino también materiales peligrosos. Ejemplo de ello es el plomo presente en la cerámica de baja temperatura que se ingiere al desprenderse de la decoración, si ésta es expuesta a sustancias ácidas. Otros factores como la adherencia a la pieza y la resistencia a los agentes atmosféricos, las resquebrajaduras, la contracción, las burbujas, etc. deben ser conocidos y controlados.

Para tener una visión amplia y sistemática de los defectos y correcciones, de las pruebas y el uso de vidriados y cubiertas, reproduzco a continuación los capítulos que al respecto escribieron en sus textos Vittel y Nelson. Aparecen antes del estudio detallado de los esmaltes, formulaciones y cálculos, pues así, de este modo, tendremos una idea más completa de causas y efectos en el manejo de las sustancias cerámicas para la decoración.

Defectos y correcciones de vidriados y cubiertas

1. Resquebraaduras
2. Tabla de los principales coeficientes de dilatación
3. Corrección de la resquebraadura
4. Escamado
5. Eflorescencia
6. Picado
7. Burbujas
8. Descolgado
9. Contracción
10. Exceso de fusibilidad
11. Cáscara de huevo y subcocción
12. Desvitrificación
13. Control de la adaptación pasta-vidriado
14. Absorción del vidriado
15. Control del encogimiento
16. Toxicidad de los vidriados
17. Conclusión

1. Resquebraaduras

El acuerdo o adaptación entre la pasta y el vidriado constituye siempre la mayor dificultad de los ceramistas. No es raro que algún vidriado de gran calidad y hermosura aparezca sometido a defectos difíciles de evitar.

Durante la cocción los vidriados en fusión se adhieren perfectamente a la pasta; pero en el momento de enfriarse se producen tensiones internas. No hay que confundir la merma de la arcilla después de la cocción con la pequeñísima dilatación de los óxidos contenidos en los vidriados. Estos se dilatan con el calor y después se contraen durante el enfriado. Recordemos que el coeficiente de dilatación es un número que expresa la propiedad que tienen los cuerpos de aumentar de volumen al elevarse la temperatura 1°C. Felizmente, las pastas cerámicas recubiertas de una fina capa de vidrio tienen coeficientes de dilatación que muchas veces son casi iguales, sobre todo en el caso de las cubiertas.

Cuando el vidriado no sufre una tensión exagerada, la adaptación es buena. En el caso de que su dilatación sea superior a la de la pasta, se produce el resquebrajamiento durante el proceso de enfriamiento. Este defecto —que es el más corriente— se presenta en forma de una fina red de fisuras que atraviesan el vidriado.

El resquebrajado de una jarra de mayólica cuya pasta sea porosa puede provocar el escape lento de los líquidos. Este defecto se comprueba en una pieza tanto a su salida del horno como varios días o incluso meses más tarde.

También hay que tener en cuenta que una cubierta sobrecocida puede quedar sujeta al resquebrajado, como una vajilla sometida a cambios bruscos de temperatura. Este se puede combatir eligiendo en la formulación de los vidriados óxidos de poco coeficiente de dilatación. La tabla siguiente da indicaciones útiles a este fin.

2. Tabla de los principales coeficientes de dilatación cúbica (según Winkelmann y Schott)

Oxidos incoloros	Oxidos colorantes:
Na ₂ O = 10,0 × 10 ⁻⁷ , por grado	Cr ₂ O ₃ = 5,1
K ₂ O = 8,5 centígrado*	CoO = 4,4
CaO = 5,0	TiO ₂ = 4,1
Al ₂ O ₃ = 5,0	Fe ₂ O ₃ = 4,0
BaO = 3,0	NiO = 4,0
PbO = 3,0	Sb ₂ O ₃ = 3,6
ZnO = 1,8	MnO = 2,2
SiO ₂ = 0,8	CuO = 2,2
MgO = 0,1	SnO ₂ = 2,0
B ₂ O ₃ = 0,1	

$$* 10^{-7} = \frac{1}{10^7} = \frac{1}{10.000.000}$$

El coeficiente del BaO es de 3,0 en los vidriados calcinados, pero llega casi a 6,0 en los no calcinados

3. Corrección del resquebrajamiento

1. Cocer el vidriado en una temperatura más alta durante más tiempo.
2. Aumentar la cantidad de sílice.
3. Incrementar la cantidad de caliza en los vidriados calcinados.
4. Aumentar la cantidad de óxido de plomo.
5. Aumentar la alúmina.
6. Reducir los álcalis.
7. Sustituir una base por otra que tenga menor coeficiente de dilatación (véase la tabla que sigue).
8. Introducir o aumentar el anhídrido bórico.
9. Aumentar la temperatura de cocción del bizcocho (mayólica fina).
10. Machacar más finamente el vidriado.

4. Escamado

Es el fenómeno opuesto al resquebrajamiento, y se produce cuando la pasta se dilata más que el vidriado. Este último, al sufrir una compresión excesiva durante el enfria-

miento, tiende a desprenderse de la pasta, formando escamas, que se desprenden sobre todo en el borde de los objetos

Este defecto puede observarse asimismo en las alfarerías cuya capa de vidriado sea muy espesa en su interior, estando el exterior sin esmaltar o simplemente recubierto de un vidriado muy fino. El vidriado comprimido llega a hendir la jarra al final del enfriamiento, o algunas horas después de sacarla del horno

Para corregir este defecto basta con incrementar los óxidos de gran coeficiente de dilatación, con el fin de reducir esa compresión de que hemos hablado.

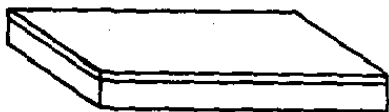
En conclusión, para evitar el escamado habrá que tomar unas medidas exactamente opuestas a las mencionadas en el caso de resquebrajamiento. En las mayólicas puede evitarse esta molestia sin más que reducir el tiempo de trituración de la parte desengrasante de la pasta.

5. Eflorescencia

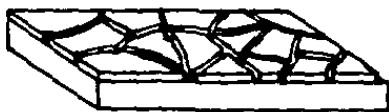
Este defecto, debido a reacciones químicas, se manifiesta durante la cocción o después de ella. Se observa a menudo en los vidriados alcalinos calcinados (por encima de 0,5 KNa₂O), en forma de manchitas blancas que aumentan con la humedad, y está provocado por la presencia de sales alcalinas solubles, especialmente sulfatos, aportadas por materiales impuros o en ocasiones por el agua utilizada en la barbotina o la pasta. Por último, también la atmósfera del horno puede tener su parte. Pueden hacerse desaparecer las eflorescencias lavando varias veces el calcinado después de la trituración, o mezclándolo con un vidriado plumbo-bórico.

6. Picado

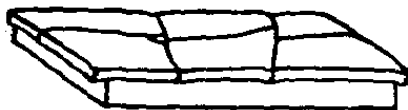
Las burbujitas reventadas que se forman en la superficie de los vidriados suelen llamarse "picadas" u "ojos de aguja". Proceden del desprendimiento de gases, que levantan el vidriado en fusión y forman cráteres más o menos grandes, que dejan la superficie como una reproducción en pequeño de la lunar.



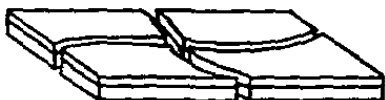
A



B



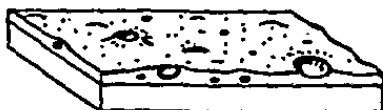
C1



C2



D



E

- A** Igualdad pasta-vidriado
- B** Encogimiento
- C1** Escamadura
- C2** Escamadura con riesgo de romper el casco si es menos grueso
- D** Vidriado absorbido por la pasta
- E** Burbujas, rugosidad

El picado puede deberse a una cocción excesivamente rápida, que no permita desprenderse a la humedad y a los gases contenidos en la pasta. También puede estar provocado por la descomposición de materias volátiles. Los productos moldeados con una barbotina mal diluida, llena de burbujas de aire, están también sujetos a este defecto. Y lo mismo sucede con ciertos vidriados plumbíferos brutos y poco fusibles, que contienen carbonatos de magnesio, de bario, de calcio o un exceso de rutilo.

Para corregir el picado hay que hacer el vidriado más fusible y disminuir o incluso suprimir algunos de los cuerpos antes mencionados. Los vidriados más fluidos en el momento de su fusión están menos expuestos pues a él que los mates o subcocidos. Muchas veces hace falta un tiempo de cocción mayor. En ocasiones, un vidriado excelente sobrecocido de 40 a 60°C por encima de su punto de fusión presenta también picado, provocado por la ebullición del vidriado. Este defecto no desaparece por lo general después de una segunda cocción, ya que la causa probable es la formación de un silicato menos fusible.

7. Burbujas

Se manifiestan también por pequeñas prominencias que aparecen en la superficie de los productos.

Nacen en el vidriado o en la base durante la cocción. En atmósfera reductora los vidriados plumbíferos son muy sensibles y se reducen con facilidad. Su superficie, que se ha hecho gris, se recubre de agujeros y cráteres negruzcos, sobre todo si las llamas del horno usado han estado en contacto con los cacharros. Estos inconvenientes se evitan usando vidriados de plomo, calcinados previamente.

Se producen asimismo burbujas en objetos recubiertos de un vidriado muy espeso, sobre todo cuando éste se acumula en el fondo de un jarro. Para evitarlo no hay más remedio que prever una capa de vidriado más fina y menos fusible. En la base o tiesto las burbujas son bolsas de aire aprisionado bajo la

superficie de la pasta, que se infla al elevarse la temperatura. Una cocción más lenta y el empleo de productos hechos con una pasta exenta de burbujas mejorará el resultado.

8. Descolgado

Las manchas grasas y la falta de plasticidad del vidriado son las causas principales de este defecto. Un vidriado que recubra productos crudos presenta a veces tendencia a descolgarse de su soporte mucho antes ya de su fusión, hacia los 120°C. Al descolgarse deja aparecer pequeñas superficies desnudas, de bordes redondeados. Para evitar este inconveniente hay que aportar una mayor cantidad de materia plástica, o añadir un 5 por 100 de dextrina aproximadamente al vidriado.

9. Contracción

La causa de la contracción es, al contrario, un recogimiento excesivo del vidriado crudo, que provoca un resquebrajamiento. En este caso hay que reducir los materiales responsables del recogimiento, es decir, la arcilla, el caolín, el óxido de zinc, el carbonato de magnesio, el albayalde y la colemanita. La sustitución de algunos materiales por otros menos plásticos es la solución algunas veces. En los materiales arcillosos basta con introducirlos parcialmente en forma de frita, y lo mismo sucede en las cubiertas de gres y de porcelana.

10. Exceso de fusibilidad

Si el vidriado se corre habrá que endurecerlo aumentando la proporción de sílice y de alúmina o cociéndolo a una menor temperatura. La sobrecocción de un vidriado provoca asimismo este defecto.

11. Cáscara de huevo o subcocción

Este defecto se debe a una falta de fusión del vidriado, que aparece rugoso, blando y blan-

quecino. Se corrige haciendo el vidriado más fusible o aumentando su temperatura de cocción.

12. Desvitrificación

Puede provenir de un exceso de sílice, de greda, de magnesia o de óxido de cinc. Si está provocada por un exceso de alúmina, el vidriado toma el aspecto de un tiesto de porcelana cuyo esmalte se hubiese quitado; el vidriado recuerda entonces las gotas de vela. Los vidriados muy alcalinos pueden acusar este defecto, que se corrige añadiendo greda y en algunos casos ácido bórico.

13. Control de adaptación pasta-vidriado

Para facilitar el control de esta adaptación conviene preparar con la pasta prevista plaquetas rectangulares de 2 a 3 mm de espesor, secadas entre dos placas de escayola y a continuación bizcochadas y esmaltadas. Con la cocción las plaquetas se hacen cóncavas si el vidriado está sometido a tensión, y convexas si lo está a compresión. Las plaquetas ligeramente convexas dan los mejores resultados. Estos controles se efectúan también en pastas vitrificadas.

14. Vidriado absorbido por la pasta

Este defecto puede deberse a una insuficiencia de sílice en un vidriado quizá plumbífero y por su combinación con la sílice, la greda u otras materias contenidas en la pasta (fig. D).

15. Control del resquebrajamiento

a) Sistema de la estufa

Los objetos a verificar se someten en ella a una temperatura de 120°C durante media hora, tras de lo cual se sumergen en agua fría. Si el vidriado no presenta resquebrajamiento se procede a nuevas pruebas en 140 y 160°C. Si en más de 160°C no aparece nada, el vidriado se considera bueno.

b) Sistema de autoclave

Las piezas que se trata de controlar se colocan en soportes para evitarles el contacto con el agua contenida en el fondo del aparato. Este se calienta durante tres cuartos de hora aproximadamente, con el fin de obtener una presión de 10 kg/cm², que se mantiene durante una hora en el caso de alfarería y mayólica, y de tres si se trata de porcelana o gres. Este procedimiento permite realizar comparaciones rápidas y precisas entre piezas de origen y fabricación diferentes.

16. Toxicidad

Eminentes toxicólogos han revelado que la absorción diaria y regular del plomo en pequeña cantidad puede provocar síntomas de envenenamiento en los seres humanos y los animales. En todos los países se han establecido, como consecuencia, prescripciones referentes al empleo de materias tóxicas en el campo de la cerámica, destinadas a salvaguardar la vida y la salud del consumidor.

Las precauciones que hay que tomar en la fabricación de vajillas son fáciles de seguir, si se conoce el proceso de migración del plomo, el cadmio, etc. Porque se ha comprobado que un recipiente de alfarería recubierto de un vidriado plumbífero, lleno de un líquido ácido tal como el vino, por ejemplo, o jugos de frutas, leche y sobre todo vinagre, podría disolver en el curso de un día una pequeña cantidad de plomo. Por todas estas razones aconsejamos reducir o suprimir por completo los compuestos de plomo en todos los vidriados destinados a vajillas para temperaturas inferiores a 1.000°C. En cocciones de mayor temperatura el óxido de plomo calcinado, asociado a diversos óxidos básicos y a una gran proporción de sílice, pierde en mayor o menor grado su toxicidad.

El cadmio —diez veces más tóxico que el plomo— es muy nocivo incorporado a determinados colorantes. Si se utiliza en filetes decorativos de la parte superior de las tazas y los cuencos y vasos, debe colocarse por lo menos a 2 cm del borde, para que los labios no

entren en contacto con él. Hay que saber asimismo que un colorante a base de cadmio incorporado a un esmalte muy ligeramente plumbífero aumenta la solubilidad del plomo, haciéndolo más tóxico.

Los esmaltes plumbíferos que contienen óxido de cromo o cromato de plomo presentan los mismos peligros. Los colorantes añadidos a los vidriados aumentan a menudo la solubilidad del plomo; otros, por lo contrario, tienen un efecto favorable, como sucede con los óxidos de estaño, de circonio y de titanio, siempre que los esmaltes alcancen su maduración.

Métodos empleados para definir el contenido de Pb y Cd

La vajilla se llena o sumerge durante 24 horas en un baño de ácido acético al 4 por 100, a la temperatura ambiente. Debe medirse la superficie total en contacto con el ácido.

La cantidad de Pb y Cd contenida en la solución de ácido acético se dosifica exactamente con el espectrómetro de absorción atómica, y se calcula con relación a la superficie de la pieza (mg de Pb y de Cd por dm^2). La acción disolvente del ácido acético al 4 por 100 susstituye a la de los artículos alimenticios. Se sabe que cuanto más ácidos son, más Pb y Cd desprenden de los contenidos en el vidriado de la vajilla.

Los ensayos que hemos hecho han demostrado que el vinagre, por ejemplo, provoca casi el mismo efecto que una solución al 4 por 100 de ácido acético; el vino, al contrario, o los zumos de frutas, producen casi diez veces menos; y la leche, mil veces menos.

El ceramista, no obstante, puede probar sus vidriados de un modo aproximado: para ello se sumerge la pieza en un baño de ácido acético al 4 por 100 durante 24 horas, a la temperatura ambiente. Si al cabo de ese tiempo se forma un depósito amarillento, se tendrá la certeza de que el plomo se ha di-

suelto en parte: el vidriado deberá rechazarse. Esta prueba evitará los gastos de un control oficial.

Un vidriado poco plumbífero que no deje depósito probablemente resultará válido, pero una prueba efectuada en un laboratorio especializado dará siempre las mejores garantías.

Recomendaciones referentes a los vidriados destinados a vajillas

1. Asegúrense de que los vidriados comprados cumplen las normas oficiales en vigor en el país.
2. No utilicen una mezcla de vidriados nuevos destinados a vajilla sin haberla probado de antemano.
3. Recuerden que la solubilidad del plomo aumenta en los esmaltes mates y en los vidriados cocidos con reducción.
4. Aprovechen la ventaja que proporciona una cocción a $1.000^{\circ}C$ como mínimo y adapten en su caso la pasta a esta temperatura.
5. No olviden que es fácil aumentar el punto de fusión de los vidriados.
6. Prolonguen la estabilización de la temperatura al fin de la cocción, para reducir la solubilidad del plomo.
7. Dejen abierto el orificio de aireación mientras dure la cocción, con el fin de evitar que los gases plumbíferos se reincorporen a la superficie de los vidriados en fusión.
8. Informaciones más amplias referentes a todos los cuerpos utilizados en nuestro oficio, así como las normas de control exigidas, pueden pedirse al Servicio de Sanidad Pública. Los límites de tolerancia varían según los países.

17. Conclusión

A pesar de todas las correcciones hechas para mejorar algunos vidriados, se observa que

unas pocas de las fórmulas no proporcionan nunca resultados positivos. Importa en tales casos seguir las investigaciones con bases nuevas, variando las materias primas y modificando la temperatura de cocción.

La decepción puede invadir al ceramista cuando una cocción provoca accidentes imprevisibles, como son, por ejemplo:

- estallidos de materiales refractarios, que caen sobre las piezas esmaltadas;
- placas de horno que se rompen;
- esmaltes que gotean sobre otros objetos, etcétera.

Por eso hace falta colocar los objetos en el horno con mucho cuidado. El modo de llevar el fuego, la atmósfera del horno, la duración de la cocción y de la estabilización de la temperatura al final de ella son elementos que tienen una influencia primordial para conseguir el éxito.

Cuando nos hallamos en presencia de esmaltes de aspecto refinado, que ofrecen un colorido muy particular, sabemos que son casi siempre fruto de mucha paciencia y dedicación. El éxito es el resultado de muchos ensayos (a veces, más de cincuenta) y de una sólida experiencia.

Defectos del barniz

Los defectos del barniz tienen siempre una causa lógica, aun cuando puede resultar difícil tratar de deducir cuál es la causa del defecto de una determinada pieza. Cuando se tienen varias piezas con el mismo barniz y quemadas en una sola hornecada, o cuando una misma pieza se ha aplicado con diferentes barnices, el problema de deducción resulta mucho más simple. La siguiente sección describe algunos de los factores que pueden causar defectos del barniz. Estos defectos pueden ser causa no sólo de la composición del barniz sino también de una selección inapropiada o de una mala preparación del cuerpo, de una operación defectuosa del horno, o como en el caso más frecuente, debido a falta de habilidad y cuidado en la aplicación.

Defectos causados por el cuerpo

1. Un cuerpo que sea muy poroso debido a que el amasado, el mezclado con agua en una artesa o la extrusión, no se hayan efectuado apropiadamente, puede causar burbujas, protuberancias y orificios que se forman en el barniz a medida que el cuerpo se contrae y los gases tratan de escapar.
2. Un exceso de agua en el formado del cuerpo puede provocar defectos similares.
3. Cuando se incluye una gran cantidad de dióxido de manganeso como colorante del cuerpo o de un engobe, se pueden producir ampollas

que se forman tanto en el cuerpo como en el barniz.

4. Algunas arcillas contienen sulfatos solubles, y estos compuestos emigran a la superficie durante el secado, formando una capa blanca. Cuando estos sulfatos reaccionan con el barniz, se producen gases que pueden quedar atrapados como burbujas. Este defecto puede eliminarse añadiendo un 2% de carbonato de bario al cuerpo. Una atmósfera ligeramente reductora en el momento en que el barniz comienza a fundir, reduce los sulfatos y permite que el gas escape antes de que el barniz forme la capa vítrea que los aprisiona.

5. Si el cuerpo no está bien bizcochado y queda demasiado poroso, puede absorber mucho barniz. Los componentes solubles del barniz, que tienen coeficientes de expansión y contracción bastante altos, pueden causar rajaduras en el cuerpo. En estos casos, cualquier barniz aplicado a un cuerpo de alta absorción, desarrollará una superficie poco tersa de tipo arenoso.

Defectos de aplicación

1. Si la pieza bizcochada no se humedece antes del barnizado, se pueden llegar a producir ampollas y orificios. El barniz atrapa aire en los poros superficiales del cuerpo.
2. Si la superficie del cuerpo tenía polvo o aceite antes del barnizado, aparecerán orificios incluso en zonas con el barniz desprendido.
3. Si el barniz se aplica en capas demasiado gruesas, escurrirá y ocultará la decoración, llegando quizá a causar que la pieza quede pegada a los soportes dentro del horno.
4. Además de fluir en exceso, los barnices muy gruesos también pueden agrietarse durante el secado. Al quemar la pieza, estas grietas no se cierran, sino que se abren más y se levantan en los bordes. Si la contracción en el secado es bastante alta, la adherencia del barniz será baja, lo cual provocará que algunas zonas se desprendan durante las primeras etapas del ciclo de hornecado.
5. Por otra parte, una aplicación demasiado delgada producirá una superficie defectuosa. Esto resulta especialmente cierto cuando se trata de barnices mate, que requieren aplicaciones un poco más gruesas que las de los brillantes.

6. Cuando se aplica un segundo barniz sobre una capa de otro barniz completamente seca, se forman ampollas. La humectación de la primera capa causa una expansión que la hace desprenderse del cuerpo.

7. Si la pieza blanchada está mucho más fría que el barniz durante la aplicación, pueden llegar a producirse burbujas y ampollas.

8. Los barnices altos en colemanita deben aplicarse inmediatamente después de mezclarlos. Si se dejan reposar adquirirán una consistencia espesa debido al efecto floculante de la colemanita. El agua adicional que habría que adicionar para lograr una buena consistencia, hace que el barniz se revoja y se separe durante el secado. La adición de 0.5-1% de carbonato de sodio retarda el efecto floculante de la colemanita.

9. Los barnices de Bristol deben aplicarse sobre superficies casi perfectas. Debido a su alta viscosidad, las áreas delgadas se desprenderán y recogerán durante el quemado.

Defectos causados por el horneado

1. Cuando las piezas recién esmaltadas se queman de inmediato sin secarlas, la humedad caliente puede desprender partes del barniz, produciendo ampollas y recogimientos.

2. Un quemado demasiado rápido impedirá que los gases escapen normalmente y hará que se formen pequeñas burbujas en el barniz. Para algunos barnices muy viscosos, es necesario contar con un período de penetración* prolongado para eliminar dichas burbujas de gas.

3. Un exceso de reducción puede producir manchas negras y grises en el cuerpo y el barniz, así como una superficie sin brillo.

4. Los hornos de gas con muflas inadecuadas pueden producir defectos en los barnices de plomo. El contenido de azufre de los gases de combustión reducirá el brillo y puede llegar a formar ampollas y arrugas.

Defectos en la composición del barniz

1. Los barnices que no están ajustados en forma apropiada para ser compatibles con el cuer-

po, pueden producir tensiones que llegarán a estrellar al barniz y a veces al propio cuerpo. Si el barniz se contrae a menos velocidad que el cuerpo durante el enfriamiento, desarrollará una compresión. Esto provoca que el barniz reviente y, en algunas zonas, llega incluso a desprenderse del cuerpo. A este defecto se le conoce como *astillado*.

2. El *cuarteo* del barniz es similar al astillado, en cuanto a que también es causado por contracciones desiguales durante el enfriamiento. Este defecto es el resultado de que el barniz se encoja a una velocidad más alta que el cuerpo, desarrollándose *surcos* o *cuarteaduras*.

3. Los barnices que escurren demasiado a las temperaturas normales de quemado, deben ajustarse por medio de la adición de caolín para aumentar las cualidades refractarias del barniz, o si es posible, se deben cambiar las bases. Las de peso molecular más bajo serán mejores fluidas en el barniz fundido.

4. Si la proporción de sílice a alúmina o a bario es demasiado baja, la superficie obtenida será poco brillante.

5. Un exceso de estado, rutilo, o espíneles coloreados, que son relativamente insolubles en el barniz, también conducen a superficies sin brillo o ásperas.

6. Los barnices de Bristol y de colemanita que no estén bien ajustados para el cuerpo, tendrán tendencia a recogerse o a cuartearse. Esto puede deberse en parte a un exceso de zinc, que tiene una alta velocidad de contracción a las temperaturas de maduración de estos barnices.

7. Los barnices que se han molido muy finamente —producido con esto el desprendimiento de sales solubles de las fritas, el feldespato y otros materiales— producirán orificios y burbujas.

8. Los barnices almacenados durante un tiempo prolongado, pueden ser afectados por la descomposición de los carbonatos, la materia orgánica de la arcilla o las gomas aglutinantes. Los gases que se forman llegan a producir orificios y burbujas en el barniz final. En algunos casos se pueden añadir preservativos como el formaldehído. También se puede proceder lavando, secando y volviendo a moler el barniz.

*Eliminar así el período del ciclo de quemado en el que se mantiene una temperatura constante (por lo general la máxima), para permitir que el barniz funde bien y penetre y se adhiera al cuerpo.

CLASIFICACION GENERAL Y CARACTERISTICAS DE LOS DIVERSOS COLORANTES UTILIZADOS EN LA DECORACION DE LAS PIEZAS CERAMICAS.

A continuación presento una síntesis de los nombres y características de las diversas cubiertas y colorantes; después, bajo el título de Barnices, Formulaciones y tipos, cálculos y materiales, anexo las notas al respecto escritas por Nelson -my completas por cierto y con suficientes referencias a pruebas y hechura de los barnices-.

OXIDOS METALICOS

Son sustancias obtenidas de la mezcla de oxígeno con diferentes metales.

El efecto de reducción (pérdida de oxígeno) durante el horneado o bajo la acción de sustancias químicas reductoras produce variaciones en el color de los materiales decorados con ellos.

ENGOMBES

Se conoce con este nombre a una cubierta opaca que se aplica sobre un objeto para recibir, encima de esta capa de engobe, un baño de esmalte y así modificar la apariencia de la pieza cubriendo la pasta. A esta aplicación del engobe se la conoce como bajocubierta.

ESMALTES

Difieren de los engobes por su aspecto vítreo que puede llegar hasta la transparencia. Les llaman opesmaltes a los más opacos y tranesmaltes a los que tienen mayor transparencia. Se aplican para darle la apariencia externa a las piezas cerámicas. Son coloreados por la acción de los óxidos mantenidos en disolución en el flujo vítreo que los constituye. Véanse adelante las formulaciones y características.

Los esmaltes funden a temperaturas muy variadas, según sus componentes, de aquí el control necesario y las pruebas previas a su aplicación.

COLORES

Están compuestos de una mezcla de flujo vítreo y una sustancia colorante. El flujo vítreo sirve para adherir el color sobre la pasta y brillantar el color de la pintura. Al agregar sólo lo necesario del flujo vítreo para permitir la adherencia, se obtienen pinturas mates.

Los componentes constitutivos se muelen hasta obtener un

polvillo fino, se mezclan con agua y luego de aplicados, se cuece el objeto hasta lograr la vitrificación del color.

METALES Y LUSTRE METALICOS

Metales como el oro, la plata o el platino se mueven como polvillo fino (algunos lo llaman polvo 'impalpable') y se mezclan con una pequeña cantidad de fundente que los adhiere a la superficie de los objetos. Posteriormente se abrillantan puliéndolos y bruñéndolos.

Los lustres metálicos son los metales aplicados con un baño de espesor mínimo, con objeto de que obtengan directamente del fuego el brillo, sin necesidad de ser bruñidos.

VIDRIADOS

Este es el nombre genérico de los esmaltes. Según Vittel una clasificación más rica de los barnices y las cubiertas, sería la siguiente:

BARNIZADO.- Son las alfarerías de pasta común, decoradas con engobes y recubiertas con un vidriado muy plumbífero (contenido alto de plomo). Suelen hornearse entre los 950° y los 1100° grados Centígrados.

VIDRIADO.- Película de vidrio transparente que sirve para cubrir las mayólicas de pasta blanca (vease el capítulo sobre pastas) y las alfarerías de cocción entre los 980° y los 1180° grados C. Se denomina Vidriado Opacificado al esmalte estanífero (contenido de estaño) que cubre una alfarería que se ha coloreado.

CUBIERTA.- Vidrios que recubren los productos de textura impermeable (cocción entre los 1200° y los 1400° grados C.). Casos de éstos, son las cubiertas destinadas a los Gres y Porcelanas, en que parte de los materiales de la pasta se emplean en la cubierta (éstos tienen, entonces, mayor adherencia a la superficie de la pieza).

Como vemos, los nombres con que se conocen los materiales decorativos que colorean o cubren la cubierta de las piezas, se definen por la temperatura de tratamiento y por las características de apariencia o de bajocubierta que pueden tener. La confusión puede surgir entre los que llaman esmaltes a los vidriados, o viceversa, y los que consideran a los óxidos metálicos como una clasificación y no como una substancia en la composición de los barnices; lo mismo ocurre con los colores y metales. De manera pues, que la clasificación más general de Vittel parece la correcta, si por supuesto no olvidamos los materiales que entran en su composición y las características peculiares de los engobes.

A continuación el texto de Nelson.

Barnices

Formulaciones y Tipos

FORMULACION SIMPLE

Un barniz cerámico y su formulación no son tan misteriosos como parecen a primera vista para la mayoría de los estudiantes de alfarería. Básicamente, un barniz no es nada más que un recubrimiento delgado de tipo vítreo, que se funde sobre la superficie de arcilla de una vasija, por medio del calor de un horno. Aunque algunas composiciones de barnices son bastante complicadas y se basan en una gran diversidad de compuestos químicos, no es necesario que un barniz sea complejo, pues sólo contiene tres constituyentes indispensables.

La sílice, comúnmente llamada pedregal, es el ingrediente esencial del barniz. También se le llama cuarzo en su estado cristalino puro. Si no fuera porque el punto de fusión de la sílice es muy alto —unos 3100°F (1700°C)—este material bastaría para formar un barniz. Sin embargo, la mayor parte de las arcillas naturales maduran a unos 2000°F (1093°C) y se deformarían en alto grado si se quemaran a mayor temperatura, mientras que los cuerpos de cerámica compacta y porcelana maduran entre 2250°F y 2400°F (1238°C — 1315°C). Por lo tanto, no es posible usar sílice pura sobre estos cuerpos.

Fundente es un término que se aplica a los compuestos que disminuyen el punto de fusión de un barniz. Por fortuna, muchos productos químicos con puntos de fusión bajos, se combinan fácilmente con la sílice para formar un compuesto vítreo. En los barnices de bajo punto de fusión se emplean los tipos de materiales como fundentes: *óxido de plomo* (carbonato de plomo, minio, galena y litargirio) y *compuestos alcalinos* (bórax, colemanita, carbonato de sodio, ácido bórico y bicarbonato de sodio). Aunque estas dos categorías de fundentes de baja temperatura tienen poderes fundentes comparables, sus efectos sobre los colorantes del barniz y muchas otras características, son muy diferentes.

Un material refractario ayuda a formar un barniz más duro que resistirá mejor el desgaste

que le impone el uso. El barniz que se produce por la simple mezcla de sílice y compuestos de plomo o de boro es blando y muy fluido, y sólo se usa en composiciones para temperaturas bajas. Se añade entonces un tercer ingrediente, *alúmina*, para que el barniz adquiera esta característica. La sílice y la alúmina se unen para formar cristales aciculares de multa, muy duros, que producen un barniz más resistente a la abrasión y al choque térmico.

Por lo tanto, en su composición final, un barniz incluye tres materiales necesarios: la sílice, que es el *formador del vidrio*; un fundente que *disminuye el punto de fusión* de la sílice, y alúmina, un producto refractario que *aumenta la resistencia* y la dureza del barniz, permite una temperatura de maduración más alta, aumenta la viscosidad y evita la desvitrificación.

Económicamente es impráctico emplear óxidos refinados y puros para producir barnices. Los compuestos que por lo general usa el alfarero suelen ser minerales abundantes en la naturaleza en un estado de relativa pureza. Por consiguiente, un barniz simple de baja temperatura estará hecho de caolín ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$), feldespato potásico ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$), y minio (Pb_3O_4) o bórax ($Na_2O \cdot 2 B_2O_3 \cdot 10 H_2O$) como fundente.

El contenido de sílice será proporcionado tanto por la arcilla (caolín) como por el feldespato. Otro constituyente del caolín y el feldespato es la alúmina. Los feldespatos son minerales que contienen alúmina, sílice y cantidades variables de potasio, sodio y calcio. El fundente predominante determina el nombre del compuesto, como en el caso del feldespato sódico. El feldespato potásico, que es el tipo más común, es un poco más económico y funde a una temperatura más alta que el sódico, siendo también más duro que éste. El feldespato debe considerarse sólo incidentalmente como fundente en el intervalo de temperaturas bajas, pues es una importante fuente de sílice y alúmina. Además de ayudar a la fusión de los ingredientes del barniz, un fundente también se combina con la sílice del cuerpo de arcilla de la vasija, para formar una liga continua entre el cuerpo y el barniz. Esta unión se hace más resistente a medida que aumenta la tempe-

ratura. Esta arcilla porosa puede absorber tanto fundente, que el barniz resulta muy delgado y áspero y se requieren ajustes del cuerpo o del barniz.

Pruebas de conalcos de baja temperatura

Para poder llegar a comprender las características impartidas al barniz por la sílice, la alúmina y el fundente, el estudiante principiante debe llevar a cabo varias pruebas variando las proporciones del feldespato, caolín y bórax, quemando a como 04. Para realizar estas pruebas se emplean placas de cuerpos de arcilla de 5 x 7.5 cm y 0.6 cm de espesor. Estas placas deben bizcocharse a aproximadamente como 010. Las muestras de barniz deben quemarse siempre en posición vertical para detectar la tendencia del barniz a escurrir. En la parte inferior de la placa se deja una zona de 0.7 cm sin aplicación de barniz, para retener las gotas escurridas y evaluar la fluidez del barniz.

Una fórmula inicial típica para pruebas de barniz a como 04 es tres partes de bórax, tres partes de feldespato y cuatro partes de caolín. A menos que las balanzas disponibles sean muy precisas, es aconsejable preparar muestras de 100g. Después de pesados, los ingredientes se pulverizan en un mortero y se añade agua hasta obtener una consistencia cremosa. Los materiales cerámicos modernos se surten finamente molidos, por lo que sólo se requiere un ligero mezclado para una muestra pequeña. El barniz se aplica con una brocha sobre una placa limpia y libre de polvo, por medio de varias capas delgadas sucesivas. La experiencia es la única guía para determinar el espesor de aplicación apropiado. Si la capa es demasiado gruesa aparecerán rajaduras. En las pruebas subsiguientes el feldespato se mantiene constante, el caolín se reduce a la mitad y el minio o el bórax se aumenta en la cantidad necesaria para compensar la disminución de caolín. El número total de partes debe mantenerse en 10, de tal manera que puedan hacerse comparaciones válidas. Este proceso se repite hasta que el contenido de arcilla haya disminuido a una parte. La arcilla también funciona como aglutinante para mantener unidos los ingredientes no plásticos; por lo tanto, si la

formulación no contiene arcilla, se debe añadir melhocel o algún otro aglutinante.

Las muestras quemadas mostrarán un cambio gradual desde un recubrimiento blanco de tipo arcilloso, hasta una capa fluida y vítrea, a medida que el plomo se combina con la sílice. Finalmente, se llega a un punto en el que el barniz escurre en exceso. Esta tendencia puede contrarrestarse reemplazando algo del plomo por más feldespato. Las proporciones adecuadas de fundente, alúmina y sílice, varían a diferentes temperaturas. Cuando la temperatura excede de 2050°F (1230°C), los fundentes de baja temperatura deben reemplazarse por carbonato de calcio, que es el fundente principal para altas temperaturas. A temperaturas por encima de 2100°F (1150°C), los fundentes alcalinos y de plomo escurren en forma incontrolable y se usan sólo en muy pequeñas cantidades. Un barniz puede tener una estructura superficial cristalina diferente debida a variaciones en la proporción de alúmina o sílice. Un ligero exceso de alúmina produce una superficie mate en vez de brillante; muy poca o mucha sílice produce un recubrimiento áspero. Cuando es necesario, se puede añadir al barniz sílice en su forma pura.

Después de completar las pruebas de barniz con estos ingredientes básicos, se puede sustituir todo o parte del feldespato por otros materiales como sianita nefelínica, espodumeno, lepidolita o piedra de Cornwall. Otras posibilidades son eriolita, talco y dolomita, que funden a temperaturas un poco más bajas. Aunque algunos de estos compuestos contienen sílice y alúmina, su principal propósito consiste en variar y aumentar la proporción de fundente. Estas adiciones pueden afectar las características de color y superficie del barniz. Las principales ventajas de contar con varios fundentes en un barniz son la amplitud del intervalo de quemado y la fusión más completa de los productos químicos, con menos defectos del barniz.

Las adiciones de carbonato de bario producen un barniz mate cuando no es conveniente aumentar el contenido de alúmina. Se puede agregar óxido de zinc en pequeñas cantidades, para

obtener un mayor poder fundente y reducir los defectos de superficie. Es esencial que el barniz y el cuerpo se enfríen y se contraigan a la misma velocidad después del quemado. Si el barniz es poco resistente y está mal quemado, un barniz en contracción puede hacer que se produzcan rajaduras. Las contracciones desiguales también pueden provocar cuarteaduras. Si existen suficientes tensiones, el barniz llegará a cuartear, aunque esto puede no ocurrir sino hasta después de muchos días o incluso varios años. Las expansiones que son producto de la absorción de humedad en un cuerpo pueden tener un efecto similar.

En una pieza decorativa, la presencia de cuarteaduras muy finas puede constituir un atractivo adicional del diseño total. Cuando son intencionales, estos efectos reciben el nombre de barnices estrellados, para distinguirlas de las cuarteaduras indeseables e inesperadas.

La prevención del cuarteo es necesaria en todas las piezas funcionales para evitar que se filtre humedad y no se acumulen olores producidos por la retención de partículas de alimentos. Se pueden efectuar cambios en el cuerpo de arcilla para aumentar o reducir la expansión y ajustarla a la del barniz. La adición de sílice al cuerpo o al barniz, es uno de los métodos más comunes para evitar el cuarteo. En el cuerpo, la formación de cristales desarrollada por exceso de sílice suele aumentar la contracción, pero en el estado vítreo del barniz, es más probable que la sílice produzca una expansión. Por lo general, los alfareros desarrollan cuerpos satisfactorios con las propiedades deseadas de plasticidad, vitrificación y otras, por lo que los barnices se ajustan al cuerpo y no a la inversa.

El plomo es muy común en barnices de baja temperatura, pues reduce la tensión superficial para formar un barniz terso y libre de defectos. Sin embargo, el plomo blanco o el minio es altamente tóxico cuando se inhala o absorbe y, a menos que estén apropiadamente formulados, todos los barnices con plomo están sujetos al ataque de ácidos como los que existen en los jugos de frutas cítricas y el vinagre. Además, como el plomo es un veneno acumulativo, la más pequeña extracción por solubilización resulta peligrosa. Por

estas razones, el plomo debe emplearse solamente en forma de monosilicato o bisilicato frito. Algunas combinaciones químicas producen barnices resistentes a los ácidos, incluso cuando contienen plomo, mientras que otras promueven el desprendimiento de plomo del barniz. Es esencial que un esmalte de plomo sea alto tanto en SiO_2 como en Al_2O_3 . Algunas fritas comerciales de plomo-silice-alúmina que maduran a como 06, son bastante estables. Los fundentes combinados proporcionan un desprendimiento de plomo mínimo, pero la adición de un solo fundente — K_2O , BaO , Na_2O y en menor grado, CaO o Li_2O — favorece el desprendimiento de plomo. Entre los opacificantes, el ZrO_2 disminuye el desprendimiento, mientras que los demás casi no producen efectos. En los esmaltes de plomo no debe emplearse óxido de cobre, pues aumenta notablemente el desprendimiento de plomo, como también lo hacen las combinaciones de Fe_2O_3 y MnO_2 .

Pruebas de barnices de alta temperatura

Las pruebas a temperaturas altas difieren de las de baja temperatura únicamente en cuanto a que se emplea carbonato de calcio (CaCO_3) en lugar de los compuestos de plomo y alcalinos de bajo punto de fusión. En este experimento, las placas deben ser de cerámica compacta o porcelana. Una buena fórmula inicial para un barniz de cono 6 — 8 es: cuatro partes de caolín, cuatro partes de feldespato potásico y dos partes de carbonato de calcio. Esta composición producirá una apariencia blanca de tipo arcilloso. En las pruebas subsiguientes, el carbonato de calcio se mantiene constante, la cantidad de feldespato se aumenta gradualmente y la proporción de caolín, que es el material más refractario, se va disminuyendo. A medida que se reduce el caolín, los barnices resultarán más tersos y brillantes. Dependiendo de la temperatura, se debe lograr un barniz satisfactorio en el punto en el que el contenido de caolín sea entre 10 y 20%. En esta serie de pruebas se ha reducido el punto de fusión del barniz por la adición del fundente activo, óxido de potasio, que contiene el feldespato. El feldespato sólo puede considerarse como fundente a altas temperaturas, pues es una fuente importante de alúmina y sílice.

Un buen barniz para cerámica compacta puede prepararse usando solamente feldespato, caolín y carbonato de calcio. Sin embargo, tal como ya se ha mencionado, puede ser conveniente añadir pequeñas cantidades de otros productos para obtener un intervalo de quemado más amplio, lograr un mejor ajuste al cuerpo, proporcionar un espectro de colores más variado, y desarrollar una superficie libre de defectos. Se puede añadir cuarzo para suministrar sílice cuando se necesite. El estudiante debe formular variaciones del barniz básico para producir una superficie brillante, un acabado mate y un recubrimiento que sea bastante opaco (sin el uso de un opacificante como el óxido de estaño). También se pueden probar sustituciones del feldespato por diferentes fundentes, tales como lepidolita o sianita nefelínica. Con frecuencia, las pequeñas adiciones de otros fundentes producen una notable mejora del barniz. Otras adiciones convenientes son óxido de zinc, talco y carbonato de bario.

para información más detallada sobre estos y otros materiales, incluyendo los colorantes que se usan en otras pruebas).

TIPOS DE BARNICES

Al principio de este capítulo se hizo notar la simplicidad de la formulación de un barniz. Por lo general, esto resulta cierto en casi todos los casos, pues pueden prepararse barnices atractivos y funcionales con pocos materiales. Sin embargo, algunos barnices se basan en ingredientes poco comunes o requieren técnicas de quemado especiales. Las fórmulas de barnices del Apéndice aclaran las descripciones generales de los barnices que se discuten a continuación.

Barnices de baja temperatura

Los barnices de baja temperatura pueden agruparse en dos categorías, dependiendo del fundente principal incluido en la formulación.

Los barnices de plomo constituyen el grupo mayoritario y se queman desde cono 01B hasta cono 02, que equivalen a 1450°F y 2050°F (790°C-1120°C). Estos barnices toman su nom-

bre de los fundentes empleados, que son principalmente óxidos y compuestos de plomo. Los fundentes más comunes son carbonato de plomo $\{2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2\}$ y minio (Pb_3O_4) . El plomo es un fundente muy activo que funde a unos 950°F (510°C) y fluye uniformemente produciendo una superficie brillante y tersa. Usado solo puede constituir 50% de la formulación del barniz; generalmente se combina con otros fundentes. El uso de más de un fundente es bastante común, pues cada uno tiene cualidades diferentes. La combinación de fundentes tiende a producir puntos de fusión más bajos y reacciones más íntimas y complejas que en el caso del empleo de un solo fundente.

El plomo tiene la desventaja de ser muy venenoso y requiere de un manejo cuidadoso para evitar respirar el polvo o ingerir partículas por la boca. Por esta razón, el plomo se transforma por lo general en silicato no tóxico por medio de un fritado. El fritado es un procedimiento por medio del cual se funden conjuntamente la sílice y un fundente, para después pulverizar y obtener un componente del esmalte que es atóxico e insoluble en agua. Los recipientes barnizados con plomo nunca deben usarse para conservar líquidos que contengan altos porcentajes de ácidos, como los jugos de frutas. El fritado del plomo y la sílice no garantiza que el barniz final, que puede contener otros compuestos, sea estable y no tóxico.

Los barnices alcalinos tienen un intervalo de quemado similar al de los de plomo (conos 01b-02) y se basan en un fundente alcalino como bórax, colemanita u carbonato de sodio. Los fundentes alcalinos son favorables para algunos efectos de color, especialmente los azul turquesa, que los barnices de plomo no pueden producir. Debido a su alta solubilidad, los fundentes alcalinos nunca deben usarse sobre cuerpos no bisechados. Al absorberse en la arcilla, las expansiones y contracciones que se producen en los compuestos alcalinos durante el quemado y el enfriamiento, producen cuarteaduras en el cuerpo.

Un cuerpo bisechado muy blando, también reacciona mal con un barniz alcalino, pues ab-

sorbe una porción de fundente, quedando un barniz incompleto que generalmente es de apariencia áspera después de quemado. Debido a su solubilidad y a la tendencia a formar grumos conglomerados en la suspensión del barniz, los compuestos alcalinos (tales como el bórax) se suelen fritar para obtener silicatos insolubles. En general, los barnices alcalinos producen superficies tersas y brillantes similares a las de los barnices con plomo.

Barnices de alta temperatura

Los barnices de alta temperatura generalmente se formulan para ser quemados desde cono 6 hasta cono 11, o 2250°F a 2500°F (1230°C-1370°C). A estas temperaturas extremas, los fundentes comunes de baja temperatura, tales como el plomo y el bórax, deben sustituirse por carbonato de calcio, que tiene un punto de fusión más alto de 1500°F (816°C). Los barnices están formulados para adaptarse a la temperatura de maduración del cuerpo de arcilla. Puesto que los cuerpos de cerámica porosa pocas veces pueden quemarse por encima de 2000°F (1093°C) y los de cerámica compacta por lo general maduran a más de 2300°F (1260°C), existe una brecha entre estas temperaturas en la cual el alfarero artesano casi nunca trabaja. Sin embargo, existen muchos cuerpos comerciales que queman entre cono 02 y cono 6 para vajilla, cerámica ornamental y azulejos. Los barnices para estas temperaturas deben contener tanto un fundente de baja como uno de alta temperatura, para ajustarse a estos límites.

Los barnices para cerámica compacta y porcelana son idénticos, excepto en los casos en los que se deben hacer ajustes para tomar en cuenta la diferencia de encogimiento durante el quemado. Ya que el principal ingrediente de estos esmaltes es el feldespato, a los barnices de cerámica compacta se les suele llamar barnices *feldespáticos*. Debido a la alta temperatura, la unión entre el barniz y el cuerpo es bastante completa. Los cristales de muilita que forman el entrelazamiento, impiden detectar la línea de unión que se puede apreciar fácilmente entre un barniz vítreo y un cuerpo de arcilla. Los barnices feldespáticos son muy duros (no se pueden rayar con acero) y son

resistentes a la mayoría de los ácidos, siendo las excepciones el fluorhídrico, el fosfórico y el sulfúrico caliente, las superficies pueden ser mates o brillantes, pero nunca exhiben el alto brillo de los barnices de baja temperatura.

Barnices de cenizas

Los barnices de cenizas fueron probablemente los primeros en ser utilizados por el hombre. En la actualidad no tienen aplicaciones comerciales, pero pueden ser de interés para el alfarero artesano. Las cenizas pueden derivarse de cualquier madera, césped o paja. Dependiendo del origen específico, la composición química puede variar considerablemente; por lo general es muy alta en sílice; contiene algo de alúmina y calcio; cantidades moderadas de fundentes tales como potasio, sodio y magnesio; y pequeñas cantidades de hierro y muchos otros elementos. Debido al alto contenido de sílice, las cenizas casi nunca pueden emplearse en barnices de baja temperatura en cantidades superiores a 15-20%. Esto no es suficiente para causar un cambio sustancial del barniz básico. Un punto de partida adecuado para un barniz de cenizas para cerámica compacta es cuarenta partes de cenizas, cuarenta partes de fekkspato y veinte partes de carbonato de calcio. Las cenizas de chimeneas de leña deben colectarse en cantidades bastante considerables y mezclarse muy bien para asegurar una buena uniformidad. La ceniza se tamiza primero por una malla abierta para eliminar las partículas sin quemar. Puede remojarse con agua que se decanta varias veces para extraer las porciones solubles. Sin embargo, muchos alfareros prefieren tamizar las cenizas secas sin lavar, con una malla fina (teniendo cuidado de no inhalar las partículas muy finas) para retener los fundentes solubles. Este último procedimiento permite emplear un mayor porcentaje de cenizas en el barniz final. Las suspensiones líquidas de barnices de cenizas son muy cáusticas y no deben agitarse con la mano.

Barnices fritos

Los barnices de fritas pueden ser químicamente poco diferentes de los dos tipos de barnices de

baja temperatura antes descritos. El fritado es un proceso que causa que los materiales de los barnices crudos resulten atóxicos e insolubles. Los fundentes de plomo o alcalinos (bórax o carbonato de sodio) se funden en un horno de fritado con sílice, o con sílice y una pequeña cantidad de alúmina. Cuando la composición está en estado líquido, se destapa un orificio del fondo del horno y el contenido de éste se descarga en un recipiente lleno de agua. Las partículas fracturadas se muelen a la finura necesaria. En los talleres de alfarería se pueden preparar pequeñas cantidades de fritas usando crisoles. Una de las desventajas de los talleres es el tiempo de molienda extremadamente largo que se necesita para pulverizar la frita a la finura adecuada.

Existen muchos diferentes tipos de fritas comerciales para barnices. La composición de una frita es complicada, pues los elementos atóxicos e insolubles deben absorberse completamente dentro de un intervalo de quemado satisfactorio y sin crear problemas de ajuste posteriores. Por varias razones, una frita rara vez constituye un barniz completo como por lo general es incolora, hay que agregar opacificantes o colorantes. La frita no se adhiere fácilmente al biscocho, por lo que se tiene que añadir una pequeña cantidad de arcilla plástica o bentonita. Además, es necesario hacer ajustes para los intervalos de quemado específicos finales. Las fritas se usan en su mayor parte cuando se preparan grandes cantidades de barnices estandarizados. Las fritas son muy útiles para el alfarero en la prevención del aglomeramiento del bórax, material necesario en los barnices cristalinos, en los rojos de cobre y en otros tipos. Arquitecturas en lotes de 50 kg. las fritas de baja temperatura pueden usarse en escuelas para reemplazar los costosos paquetes de barnices coloreados. La adición de algunos óxidos colorantes y caolín no aumenta el costo en forma apreciable.

Barnices estrellados

Los barnices estrellados no pueden ser caracterizados por su composición, pues son simplemente el resultado de tensiones que se originan cuando un cuerpo y un barniz se expanden y se contraen a diferentes velocidades. El craqueo puede provocarse con facilidad en casi todos los barnices, ex-

cepto quizá en los mates. La forma más simple consiste en sustituir los fundentes por otros de efecto similar pero con una velocidad de contracción diferente. Cuando se desca un esmalte que no cuartee, se hace lo contrario.

Un barniz estrellado produce una red muy fina de cuarteaduras. Debe usarse con un cuerpo de color claro para poderse apreciar apropiadamente.

Para hacer resaltar el efecto, al área de cuarteaduras se le aplica un óxido colorante o tinte negro fuerte. Los chinos son expertos en lograr, a base de quemas sucesivas, una red de cuarteaduras pequeñas y grandes, cada una pigmentada con un óxido colorante diferente. En algunas formas, una cuarteadura del barniz puede producir un efecto decorativo muy interesante. Resultan más prácticos con cuerpos de cerámica compacta vítrea o de porcelana, pues cuando se trata de vasijas de cuerpos porosos, los líquidos se filtrarán por las paredes y no pueden usarse para alimentos.

Barnices mates

Los barnices mates generalmente se forman añadiendo un exceso de alúmina o sustituyendo

parte del fundente del barniz por carbonato de bario. De ahí que se les llaman *mates de alúmina* o *mates de bario*. Un barniz mate no debe confundirse con un barniz delgado, áspero o falto de quema. Debe ser terso al tacto, sin brillo ni transparencia. Los efectos mates que a veces se observan en un esmalte falto de temperatura son causados por partículas que no se han disuelto por completo, mientras que uno verdaderamente esmalte mate desarrolla una estructura cristalina diferente. Un ciclo de enfriamiento demasiado largo propicia la formación de texturas mates. Una de las pruebas usuales para un mate verdadero consiste en enfriar el barniz en forma rápida para ver si produce brillo. Una superficie mate, efecto de la fusión incompleta de partículas, seguirá teniendo apariencia mate independientemente del ciclo de enfriamiento. Por lo general, es áspero al tacto y carece de la tersura de un mate verdadero. Se pueden formular mates para cualquier temperatura, pero los de intervalos bajos resultan muy atractivos, pues los barnices típicos de plomo y bórax son tan brillantes, que los reflejos tienden a ocultar la decoración y la forma. Los barnices mates están relacionados con el grupo de barnices cristalinos, pues ambos dependen de la estructura superficial para sus efectos. Por consiguiente, también pueden producirse mates con hierro, zinc y titanio (rutilo), cuando se formulan correctamente y se enfrían con lentitud.

que los gases de combustión penetren a la cámara del horno.

El carbón tiene una gran afinidad con el oxígeno cuando se calienta y lo puede extraer de los óxidos colorantes de hierro y cobre del barniz. De esta manera, los chinos desarrollaron sus famosos rojos de cobre (sang de boeuf) y celadonitas. Cuando al óxido de cobre o de hierro se le elimina el oxígeno, el metal queda suspendido en el barniz en forma de coloidal. De esta forma, un barniz verde normal de cobre se convierte en un atractivo rojo rubí con algunos tintes azules o púrpuras ocasionales. El óxido de hierro pierde su acostumbrado tono pardo rojizo y adquiere diferentes coloraciones de verde-gris. Debido a su similitud con el jade, que tiene un fuerte simbolismo religioso para los chinos, se llegaron a desarrollar celadonitas de cualidades extraordinarias. En un horno mufado pequeño se puede provocar una reducción insertando astillas de madera de pino o bolas de naftalina, a través de sus orificios de observación. El quemado de reducción usual empieza con una atmósfera oxidante y la reducción no se inicia sino hasta un poco antes de que se fundan los primeros elementos del barniz. Después del ciclo de reducción, el quemado debe volver a ser oxidante, para obtener una superficie libre de puntos de alfiler y otros defectos.

Barnices de reducción

Los barnices de reducción son los que se formulan específicamente para desarrollar sus características de color especiales sólo cuando se queman en un horno capaz de mantener una atmósfera de reducción ciertas porciones del ciclo de quemado. El quemado normal de un horno es de atmósfera oxidante. Un horno eléctrico tiene siempre una atmósfera oxidante, pues no existe ningún compuesto presente que consuma el oxígeno. Para producir una atmósfera reductora en un horno de gas o de petróleo, el tiro se reduce para disminuir la alimentación de aire, lo que da como resultado una combustión incompleta que proporciona carbono a la atmósfera interior del horno. En un horno mufado se pueden eliminar algunas de las piezas de la mufla para permitir

Se puede lograr una reducción localizada añadiendo una pequeña cantidad (aproximadamente 0,5%) de carburo de silicio (carborundum) al barniz. Los efectos son algo diferentes de los de la reducción normal, pues el color se concentra en manchas pequeñas alrededor de las partículas de carburo de silicio. Sin embargo, esta técnica tiene ventajas en cuanto a que puede usarse en hornos eléctricos, pues los elementos de calentamiento no se afectan. El intervalo de quemado para los barnices de reducción de rojo de cobre y celadonitas es bastante amplio, desde aproximadamente 600 hasta las temperaturas de la porcelana.

Barnices cristalinos

Existen dos tipos de barnices cristalinos. Uno de ellos desarrolla grandes aglomerados de cristales en la superficie del barniz; el segundo tipo,

llamado aventurinina, tiene cristales separados, por lo general pequeños, suspendidos en el barniz, y estos cristales reflejan la luz. Aunque estos barnices son técnicamente muy interesantes, debe cuidarse su relación con la forma de la pieza por barnizar. Los efectos de joyería parecen flotar sobre la superficie de casi todas las formas excepto las más simples y finas. La formación cristalina se puede favorecer con adiciones de zinc y hierro o titanio (rutilo). También pueden emplearse bórax o sodio, pero no plomo. Los intervalos de quemado posibles son bastante amplios y, al igual que con los mates, la velocidad de enfriamiento es de gran importancia. Para permitir que los cristales se desarrollen adecuadamente, se debe lograr que la temperatura del horno sólo disminuya unos 100°F (38°C) después de que el barniz ha llegado al punto de maduración, y se debe mantener a este nivel durante horas antes de proceder a un enfriamiento lento. Los barnices cristalinos son muy fluidos, por lo que es necesario cortar un pedestal de ladrillo refractario para colocarlo debajo de la pieza. También se puede colocar la pieza sobre una vasija plana poco profunda, que colecte el exceso de barniz que pueda escurrir.

Barnices de Bristol

Los barnices de Bristol son muy similares, en muchos aspectos, a los barnices de porcelana típicos, excepto en que contienen una cantidad relativamente alta de óxido de zinc. En la mayoría de los casos, esto tiende a disminuir el punto de fusión y a impartir una cierta opacidad al barniz. La mayoría de los barnices de Bristol están situados en el intervalo de conos 5 a 9, aunque se han desarrollado fórmulas con buenos resultados para conos 3-14. El uso más común de los barnices de Bristol es para baldosas y ladrillos arquitectónicos.

Puesto que casi siempre se emplea una gran cantidad de arcilla, la pieza recibe una sola quema y no existen problemas de encogimiento. Sin embargo, el barniz puede ajustarse a dos quemas calcinando parte de la arcilla. El sistema de una sola quema por lo general se lleva al cabo en 50 a 60 horas, no sólo debido al espesor de las pie-

zas, sino también a las características de viscosidad muy alta de los barnices de Bristol. Esta es la cualidad del barniz que lo hace interesante para el alfarero artesano. Se pueden lograr efectos muy interesantes usando un barniz de Bristol encima de otro más fluido que se abre en algunas zonas. La aplicación del barniz debe ser perfecta, pues su alta viscosidad impide que sellen las rajaduras que se puedan producir. Además, al quemarse, los bordes de las rajaduras se contraen y producen protuberancias redondeadas. En general, los barnices de Bristol son brillantes, pero pueden hacerse mates aumentando la cantidad de calcio y reduciendo el contenido de sílice.

Barnices de lustres

Los barnices de lustres consisten en una capa delgada de un metal decorativo que se quema encima de un barniz de plomo-estaño. Este recubrimiento se logra aplicando una solución de resina de pino, nitrato de bismuto y una sal metálica, disueltos en aceite de lavanda, sobre un barniz quemado. El lustre se quema con calor al rojo oscuro, lo suficientemente caliente para fundir el metal y eliminar la resina, pero más bajo que el punto de fusión del barniz original. Se obtienen así una gran variedad de lustres rojos, amarillos, cafés y plateados, así como acabados iridiscentes y nacarados. Los metales comúnmente empleados son acetatos de plomo y zinc; sulfatos de cobre, manganeso y cobalto; nitrato de uranio y compuestos de plata y oro. El fuente es por lo general bismuto. Hasta el año 1529, se creía que el bismuto era una forma impura de la plata y, por lo tanto, la plata que se menciona en algunas formulaciones antiguas es probablemente un compuesto de plata-bismuto.

Por lo general, el lustre no es un recubrimiento total, sino que se aplica en forma de un diseño combinado con engobes coloreados o pigmentos. Esto es particularmente cierto en la alfarería islámica, que, debido a los edictos religiosos que prohíben las pinturas representativas, desarrollaron los diseños intrincados y entrelazados que se emplearon entre los siglos IX y XIV.

Barnices de sal

Los barnices de sal han vuelto a la popularidad en años recientes, después de mucho tiempo de no usarse en los talleres de alfarería.

Entre los siglos XII y XIX, estos barnices fueron muy comunes en Europa y también se emplearon en la América colonial. Las aplicaciones comerciales están limitadas en su mayor parte a vasijas de cerámica compacta, tubo de albañal barnizado, ladrillo de construcción hueco y productos similares.

El procedimiento para los barnices de sal es simple. Las piezas se queman a su temperatura de maduración, y al llegar a ésta se introduce sal común (cloruro de sodio) en la cámara de quemado a través de orificios que conducen a dicha

cámara. El sodio se combina con la sílice de la arcilla para formar un silicato vítreo. El taller debe estar muy bien ventilado, pues al introducir la sal también se produce cloro gaseoso, que es muy venenoso. En algunos casos, se añade sílice a la arcilla para formar un mejor recubrimiento. En condiciones de reducción (combustión incompleta para que exista carbono en la atmósfera del horno), las arcillas rojas y de color crema pueden producir barnices café o negros. Para obtener otros colores es necesario usar engobes coloreados o pigmentos incorporados en la arcilla.

La desventaja de los barnices de sal, además de sus limitaciones en los efectos de color, es que también se recubre todo el interior del horno. Esto es causa de que quede contaminado y no utilizable para otros tipos de barnices. El intervalo de quemado de los barnices de sal es amplio, desde cono D12 hasta cono 12, pero los quemados más comunes varían entre 5 y 8.

Barnices de engobe

Los barnices de engobe están constituidos por arcillas naturales que contienen suficientes fundentes para actuar como barnices, sin más preparación que un lavado y tamizado. En la práctica, es común incluir algunas adiciones para que el barniz sea compatible con el cuerpo o para modificar la temperatura de maduración, pero estas modificaciones son muy ligeras. Los famosos barnices negros de las piezas negras de los griegos y los terra sigillata de los romanos, son barnices de engobes formados por decantación de las partículas más finas de un engobe líquido de arcilla roja. La reducción produce el color negro, al convertir el óxido rojo de hierro en óxidos negros magnéticos. Una atmósfera oxidante posterior devuelve al hierro del cuerpo de arcilla porosa su color rojo, dejando el barniz con un color negro. Este método no produce un barniz vítreo verdadero. En realidad, se trata de un proceso intermedio entre un recubrimiento de arcilla de engobe y un barniz, y como tal, no es completamente impermeable al agua.

Los barnices de engobe fueron muy comunes en los primeros talleres norteamericanos de piezas de cerámica compacta, que producían artículos tales como vasijas de almacenamiento, ánforas, tarros y jarras. La arcilla de Albany es la única variedad que se usa comercialmente para barnices de engobe. Al quemarse produce un color café-negro a conos 8-10. La adición de 2% de cobalto a la arcilla de Albany produce un atractivo color negro semibrillante. La arcilla de Wrenshall, que se extrae cerca de Duluth, Minnesota, produce un color amarillo pálido a conos 6-10, con un efecto vetado característico del rutilo.

Existen muchos depósitos de arcillas de engobe que no se consideran como tales. Con frecuencia algunas arcillas porosas pueden usarse como engobes añadiendo pequeñas cantidades de fundentes. La mayoría de las arcillas de engobe queman a conos 6-12. Los fundentes más comunes para estos barnices son, por lo general, compuestos alcalinotérreos, además de óxido de hierro, en cantidades variables. Un alto contenido de hierro sirve también para obtener colores entre crema y café oscuro.

El artesano alfarero debe ser cuidadoso en el uso de arcillas de engobe, pues por lo general se extraen en pozos pequeños y su composición puede variar ligeramente. Cada nuevo lote de material debe probarse antes de usarse a gran escala. Algunas arcillas de Albany son tan pobres en el colorante café, que el engobe resultante es un crema pálido semitransparente. Los talleres de alfarería deberían mostrar más interés por este grupo de barnices. Las arcillas de engobe son fáciles de aplicar, se adhieren bien y producen pocos o ningún defecto al quemarse. La composición química es muy durable y, puesto que se incluyen pocas adiciones, se puede ahorrar mucho tiempo en la preparación del barniz.

Barnices raku

Los barnices raku son barnices de baja temperatura sobre cuerpos que contienen una alta proporción de chamota. Este tipo de cerámica tiene una estrecha relación con la ceremonia japonesa del té y con el budismo zen. Las tazas de té de tipo raku, por lo general hechas a mano y de forma irregular, están muy acordes con la filosofía zen de la naturaleza y de una forma de vida simple y sin afectaciones.

El procedimiento de quemado es una parte muy importante de la técnica raku. El cuerpo de arcilla que se emplea es generalmente una cerámica compacta que puede contener hasta 30% de chamota. La chamota y el proceso de quemado tienden a limitar la forma y el tamaño de los utensilios. Las formas más comunes son las más simples. Puesto que la temperatura de maduración nunca excede de 1750°F (955°C), el barniz puede contener hasta 60% de plomo o cole-

manita. Las piezas se bizochan antes de barnizarse.

El quemado del barniz es muy característico y espectacular. En el Japón, se suele llevar a cabo al aire libre, usando hornos pequeños de carbón, que por lo general contienen una sola pieza. La pieza barnizada debe estar perfectamente seca y puede colocarse encima del horno para asegurarse de la eliminación de toda la humedad. Cuando el horno llega a la temperatura de maduración del barniz y se abre la puerta recubierta de ladrillos, la pieza se introduce rápidamente en la cámara por medio de tenazas. Debido al alto contenido de chamota y a la naturaleza porosa del cuerpo, este cambio brusco de temperatura no produce efectos apreciables. Una vez introducida la pieza bastan unos pocos minutos para que comience a adquirir brillo. (La mayor parte de los hornos en E.U.A. y América en general, cuentan con un solo quemador y tienen capacidad para varias piezas. Es relativamente sencillo adaptar una bóveda de ladrillo para tapar el horno.) Dependiendo del tipo de horno, el barniz debe empezar a fundir y desarrollar brillo en 10-15 minutos. La pieza se retira del horno con pinzas antes de que el barniz comience a escurrir. Las huellas de las pinzas se consideran como un efecto decorativo. Por lo general, la pieza caliente se coloca en una cámara metálica llena de aserrín, lo que imparte al barniz un acabado ahumado muy atractivo. Después de unos minutos, la pieza se enfría inmediatamente con agua. Sin embargo, si la pieza tiene una forma cerrada o de espesor variable, es necesario enfriarla al aire libre antes de bañarla con agua para evitar cuarteaduras.

El cuerpo de la cerámica raku es blando y poroso y el barniz no es completamente impermeable. Sin embargo, la técnica raku se ha vuelto muy popular en los últimos años. Los efectos del barniz son muy variables y aun siendo accidentales, tienen cualidades muy definidas. La rapidez del quemado, la flama y el humo del aserrín dan la impresión de una ceremonia. Los óxidos que se emplean en la decoración raku tienden a desarrollar, al reducirse, un brillo especial con combinaciones de color muy atractivas. Generalmente se forman cuarteaduras profundas, lo cual concuerda con el estilo y la forma simple que tipifican a los cuerpos bastos.

Barnices

Cálculos y Materiales

En el Cap. 8 se sugirió un método de pruebas con el cual el ceramista principiante puede desarrollar un barniz satisfactorio y obtener conocimientos rudimentarios de las propiedades de los materiales más comunes que constituyen los barnices. A pesar de la larga historia de la cerámica, la formulación científica es bastante reciente. Los barnices y las técnicas que se describen en las piezas históricas

fueron el resultado final de varios siglos de experimentación. Pero, puesto que las técnicas cerámicas ya no se transmiten de padres a hijos en la forma tradicional, es necesario establecer un método más rápido y más científico para la formulación de los barnices.

CALCULOS

Toda la materia que constituye la Tierra está formada por aproximadamente cien elementos químicos en forma de átomos. Estos elementos no existen en la naturaleza en forma pura sino en compuestos, que son grupos de átomos que se mantienen unidos entre sí por medio de atracciones eléctricas. Un átomo es demasiado pequeño para poder pesarse, pero sí es posible determinar el peso relativo de un tipo de átomo con respecto a otro. Al oxígeno, que se representa con la letra O, se le asigna un peso atómico arbitrario de 16; a los otros átomos se les atribuyen pesos correspondientes a sus pesos proporcionales con relación al oxígeno.

La sílice, que se menciona con frecuencia en los capítulos sobre arcillas y barnices, es uno de los principales compuestos cerámicos y existe en todas la arcillas y barnices. La fórmula molecular de la sílice (o llamada con más precisión, dióxido de silicio) es SiO_2 . La tabla de pesos atómicos del Apéndice incluye el peso del silicio, que es 28. Puesto que dos átomos de oxígeno pesan 32, el peso molecular total del compuesto dióxido de silicio es 60.

La sílice puede agregarse a un cuerpo de arcilla o a un barniz en forma de dióxido de silicio.

pero también es bastante común encontrarla como parte de un compuesto más complejo, tal como caolín ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), o feldespato potásico ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$).

El sistema RO, R_2O_3, RO_2

Existen tres componentes principales en un barniz. Uno de ellos es la sílice (SiO_2), que imparte al esmalte sus características de vidrio transparente. El segundo es la alúmina (Al_2O_3), material refractario que proporciona dureza y resistencia a la abrasión. Puesto que ninguno de estos óxidos funde a una temperatura inferior a $1705^\circ C$, el ceramista debe agregar un tercer ingrediente, esto es, un fundente, tal como óxido de plomo o un compuesto de sodio, que reduzca el punto de fusión y se combine tanto con la sílice como con la alúmina para formar, después del quemado, un recubrimiento duro y vítreo sobre el cuerpo cerámico.

Con raras excepciones, los componentes del barniz no son óxidos puros refinados sino compuestos complejos que se obtienen comercialmente a costos razonables. Para poder comparar barnices o comprender los efectos de estos diversos productos químicos, es necesario clasificar los óxidos componentes en tres diferentes categorías

RO	R_2O_3	RO_2
Bases	Neutros	Ácidos
Li_2O^*	(Óxidos anfóteros)	SiO_2
Na_2O^*	Al_2O_3	TiO_2
K_2O^*	B_2O_3	ZrO_2
CaO	Fe_2O_3	Formadores de vidrio
MgO	Sb_2O_3	
BaO	Cr_2O_3	
ZnO	(Elementos refractarios)	
FeO		
MnO		
PbO		
CdO		
Agentes fundentes		

*En su mayoría excepciones a la regla: 2 átomos de sodio, litio o potasio, se unen con 1 átomo de oxígeno para formar el óxido.

de la fórmula. El símbolo RO se refiere a los agentes fundentes, que son casi siempre elementos metálicos o alcalinos que forman sus óxidos por combinación con un átomo de oxígeno, como en los casos CaO o PbO. En forma análoga, la alúmina (Al_2O_3) puede clasificarse como R_2O_3 y la sílice (SiO_2) como RO_2 . La tabla anterior ilustra esta clasificación de los componentes de un barniz.

En la primera columna están los óxidos RO que producen efectos fundentes tanto en los barnices como en los cuerpos. También se les llama *óxidos básicos*. Algunos de los óxidos anfóteros o neutros pueden actuar como óxido básico o ácido. Sin embargo, el principal óxido de este grupo, la alúmina (Al_2O_3), siempre produce un efecto refractario en los barnices. Por otra parte, el óxido rojo de hierro (Fe_2O_3) es un fundente poderoso así como un colorante. El óxido bórico (B_2O_3) puede reaccionar como óxido o como base y es un fundente muy activo. La sílice es el principal compuesto de la columna de los óxidos ácidos. La contribución del TiO_2 y el ZrO_2 al barniz es la opacidad y no tienen efectos de formadores de vidrio. Con muy pocas excepciones, el método RO, R_2O_3 y RO_2 para clasificar los principales componentes de un barniz, produce muy buenos resultados.

Fórmula empírica de un barniz

Con el objeto de simplificar los cálculos, las composiciones de los barnices generalmente se reducen a una *fórmula empírica*. Se trata de una fórmula del barniz en la cual los diversos ingredientes activos se expresan en proporciones moleculares. En contraste, la *receta de preparación* es una proporción expresada en términos de los pesos reales de los compuestos químicos que constituyen el barniz. Puesto que los materiales que se usan en un barniz son compuestos relativamente complejos, resulta muy conveniente poder definir el barniz en términos de óxidos simples que existan en las mismas proporciones relativas que cuando están en forma compleja en la receta de preparación del barniz. Estos óxidos se agrupan como RO, R_2O_3 y RO_2 .

Antes de convertir la receta de preparación en una fórmula empírica, primero es necesario co-

nocer las fórmulas químicas de los materiales individuales, así como sus pesos equivalentes. Las fórmulas moleculares y los pesos equivalentes de los compuestos más comunes que se emplean como materiales cerámicos aparecen en el Apéndice

En la primera columna se incluye el nombre comercial del material y en la segunda se asienta su fórmula. Muchos compues-

tos se conocen con más de un nombre, tal como blanco de España o carbonato de calcio.

El peso molecular de un compuesto es la suma de los pesos atómicos de sus elementos constitutivos. El peso equivalente casi siempre es igual al peso molecular del compuesto, pero en muchos casos es más pequeño. Tal es el caso del feldespato potásico:

Material	Fórmula	Peso molecular	Pesos equivalentes		
			RO	R ₂ O ₃	RO ₂
Feldespato (potásico)	K ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6 SiO ₂	556.8	556.8	556.8	92.9

De acuerdo con su fórmula, cuando se añade una unidad molecular de feldespato potásico, el barniz tendrá una unidad de óxido de potasio, una unidad de alúmina y seis unidades de sílice. Puesto que el compuesto está formado por una unidad de óxido de potasio y una unidad de alúmina, los pesos equivalentes individuales son 556.8. Puesto que se requieren seis unidades de sílice para formar el compuesto, el peso equivalente de la sílice es 1/6 del peso del compuesto o 92.9. Los pesos equivalentes de los óxidos de un compuesto son iguales a su peso molecular si el óxido considerado aparece una sola vez. Sin embargo, si está presente más de una unidad del óxido, entonces su peso equivalente se determina dividiendo el peso molecular del compuesto entre el número de unidades del óxido que aparece en la fórmula.

Estas definiciones resultan más claras al considerar el procedimiento exacto de conversión de la receta de preparación del barniz en la fórmula empírica.

Antes de proceder a los cálculos, es necesario, primero, determinar la fórmula molecular de cada uno de los materiales que intervienen en el barniz, además de los pesos equivalentes de los óxidos contenidos en dichos compuestos. Es conveniente tabular esta información tal como se ilustra.

Observando las fórmulas de los materiales se puede determinar qué óxidos deben quedar incluidos en la parte derecha de la tabla.

Los pesos de los materiales de la receta de preparación se dividen entre los pesos moleculares equivalentes de los respectivos óxidos, con lo cual se obtienen las proporciones moleculares en forma de óxidos simples. Distribuyendo estos óxidos con las cantidades calculadas en sus grupos RO, R₂O₃ y RO₂ apropiados, se encuentra que la receta del barniz corresponde a la siguiente fórmula empírica:

Tipo de Barniz	Materiales	Partes en peso
Barniz de plomo-bórax con maduración a cono 04	Plomo blanco	128
	Blanco de España	15
	Bórax	103
	Feldespato (potásico)	83
	Caolín	38
	Pederol	85

RO	R ₂ O ₃	RO ₂
.495 PbO	.295 Al ₂ O ₃	2.599 SiO ₂
.150 CaO	.540 B ₂ O ₃	
.149 K ₂ O		
.270 Na ₂ O		

Conversión a la Fórmula Empírica

Materiales y fórmula	Peso para la fórmula		equivalentes		PbO	CaO	Na ₂ O	B ₂ O ₃	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Plomo blanco 2 PbCO ₃ · Pb(OH) ₂	128	÷ (RO)	258.5	—	0.495						
blanco de España CaCO ₃	15	÷ (RO)	100	—		0.15					
lírax Na ₂ O · 2 B ₂ O ₃ · 10 H ₂ O	103	÷ (RO) (R ₂ O ₂)	381.04 190.7	—			0.270	0.540			
feldespato (potásico) K ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6 SiO ₂	83	÷ (RO) (R ₂ O ₂) (RO ₂)	556.8 556.8 92.9	—					0.149	0.149	0.890
caolín Al ₂ O ₃ · 2 SiO ₂ · 2 H ₂ O	38	÷ (R ₂ O ₂) (RO ₂)	258.1 129	—						0.146	0.294
fefernal SiO ₂	85	÷ (RO ₂)	60.06	—							1.415
Totales	452				0.495	0.15	0.270	0.540	0.149	0.295	2.599

El total de óxidos RO suma 1.064 en vez de una unidad tal como se desea, debido a que en la receta de preparación se emplearon números redondeados. Dividiendo todas las cifras entre 1.064 se llega a la siguiente fórmula empírica. El grupo RO es ahora 0.998, pero esta cifra es suficientemente precisa para propósitos comparativos.

RO	R ₂ O ₃	RO ₂
.465 PbO	.277 Al ₂ O ₃	2.442 SiO ₂
.140 CaO	.507 B ₂ O ₃	
.140 K ₂ O		
.233 Na ₂ O		

Las propiedades de los materiales cerámicos han sido objeto de investigaciones profundas y es posible efectuar predicciones razonables relativas al cambio probable que un determinado producto puede causar en un cierto barniz. Sin embargo, existen muchas variables, tales como la duración de la molienda del barniz, el espesor de aplicación y las reacciones entre el barniz y el cuerpo, la atmósfera del horno y la velocidad de aumento y disminución de la temperatura. Puesto que todas estas condiciones pueden afectar notablemente las cualidades de un barniz, la experimentación cerámica no es una ciencia exacta. La obtención de resultados satisfactorios depende en alto grado de la experiencia y de la habilidad del operador para controlar estos factores.

Receta de preparación

Para convertir una fórmula empírica en una receta de preparación es necesario invertir el procedimiento explicado en la sección anterior. Como antes, el método más simple consiste en tabular la información. Este tipo de conversión requiere un poco más de conocimientos sobre

los compuestos cerámicos, puesto que se deben seleccionar los materiales que contengan los óxidos apropiados, sin incluir elementos no deseados. Las partes de los compuestos que se eliminarán en el horno en forma de gases o vapor de agua se ignoran. Para comprender bien el proceso, considérese la siguiente fórmula empírica, que se convertirá en receta de preparación:

0.40 Na ₂ O	0.03 Al ₂ O ₃	2.1 SiO ₂
0.46 PbO	0.32 B ₂ O ₃	
0.14 FeO		

El procedimiento general es como sigue: Primero, si existen fundentes alcalinos (Na₂O o K₂O) es preferible incluir la mayor cantidad posible como feldespato sódico o potásico. Esta es la fuente más económica del fundente y, además, es insoluble y no produce grumos como en el caso del birax. Se completan entonces los demás óxidos tratando de dejar la alúmina hasta el penúltimo lugar y la sílice para el último. La alúmina y la sílice son muy comunes en otros compuestos y el balance puede lograrse fácilmente al final con caolín o cuarzo. Puesto que la sílice siempre está presente en cantidades mayores que la alúmina y existe en forma pura y económica, es preferible dejarla hasta el final.

Varios de los cálculos pueden parecer incorrectos al principio, por lo que conviene aclarar algunas de estas aparentes inconsistencias. En la primera adición, cuando se toman 0.03 equivalentes de feldespato sódico, se introduce seis veces más SiO₂ que Na₂O o Al₂O₃, pues la fórmula del feldespato es Na₂O₃ · Al₂O₃ · 6 SiO₂. Análogamente, el birax tiene el doble de B₂O₃ que de Na₂O.

Contando ya con los equivalentes necesarios de los compuestos químicos, se pueden determinar los pesos de la receta de preparación, multiplicando cada equivalente por los pesos moleculares de los compuestos químicos. Con esto se obtienen los siguientes datos:

CALCULOS PARA CONVERTIR LA FORMULA EN RECETA DE PREPARACION

<i>Material</i>	<i>Oxidos en la fórmula Equivalentes necesarios</i>	<i>Na₂O</i>	<i>PbO</i>	<i>FeO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>B₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>
		0.40	0.46	0.14	0.03	0.32	2.1
Feldespato sódico ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$) 0.03 equivalentes		0.03			0.03		0.18
	<i>resto</i>	0.37	0.46	0.14		0.32	1.92
Bórax ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) 0.16 equivalentes		0.16				0.32	
	<i>resto</i>	0.21	0.46	0.14			1.92
Carbonato de sodio (Na_2CO_3) 0.21 equivalentes		0.21					
	<i>resto</i>		0.46	0.14			1.92
Plomo blanco [$2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$] 0.153 equivalentes			0.46				
	<i>resto</i>			0.14			1.92
Oxido rojo de hierro (Fe_2O_3) 0.07 equivalentes				0.14			
	<i>resto</i>						1.92
Pedernal (SiO_2) 1.92 equivalentes							1.92

<i>Material</i>	<i>Equivalentes</i>		<i>Peso Molecular</i>		<i>Peso de Receta</i>
Feldespato sódico	0.03	x	524	=	15.72
Bórax	0.16	x	382	=	61.12
Carbonato de sodio	0.21	x	106	=	22.26
Plomo blanco	0.153	x	775	=	118.58
Oxido rojo de hierro	0.07	x	160	=	11.20
Pedernal	1.91	x	60	=	114.60

Fórmulas límite

En los experimentos de barnices desceltos no se mencionaron límites definidos con respecto a la relación entre las partes RO, R₂O₃ y RO₂ de un barniz. Esto

se debe a que el principal propósito de estas pruebas era el de familiarizarse con las cualidades de los diversos productos que constituyen el barniz. Los análisis que se acaban de discutir demuestran que existen límites generales para las cantidades de alúmina y sílice que se pueden emplear

con éxito en relación a una unidad de fundente. La temperatura de quemado y el tipo de fundente son también factores importantes.

En las diversas fórmulas límite que se exponen en esta sección, se incluyen varios fundentes posibles; sin embargo, la cantidad total empleada debe sumar una unidad. En general, una proporción de alúmina más alta dará como resultado una superficie mate. Un estudio de estas fórmulas indica la forma en que aumenta la relación de alúmina y sílice al elevar la temperatura.

Aun cuando no tiene por objeto tomar el lugar de fórmulas de barnices, esta lista constituye una ayuda útil para los que desean cambiar el intervalo de temperatura de un determinado barniz. Algunos productos cerámicos son bastante complejos y, bajo ciertas condiciones, una adición a un barniz no producirá el efecto deseado. Convirtiendo las recetas de preparación a fórmulas empíricas y comparándolas con los li-

mites sugeridos, es posible en muchos casos detectar la dirección del error.

Variables en la formulación de barnices

Los ceramistas suelen quedar muy desilusionados y sorprendidos cuando un barniz obtenido de manera comercial o preparado de acuerdo con las instrucciones de un libro, produce resultados muy inesperados. Este problema involucra diversos factores. Los ingredientes molidos más finamente que lo usual funden a temperaturas un poco inferiores. De la misma forma, las adiciones de barnices fritos funden con más rapidez que los compuestos naturales de composición similar. En ocasiones, el espesor de la aplicación o las reacciones con el cuerpo de arcilla, producirán resultados diferentes. Uno de los factores más complicados es la naturaleza variable de algunos ingredientes de barnices, como la piedra de Cornwall y los feldespatos.

Fórmulas Límite

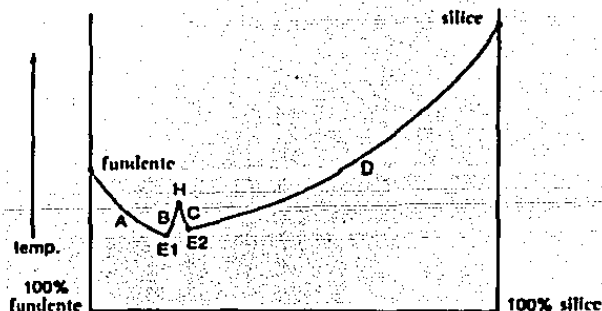
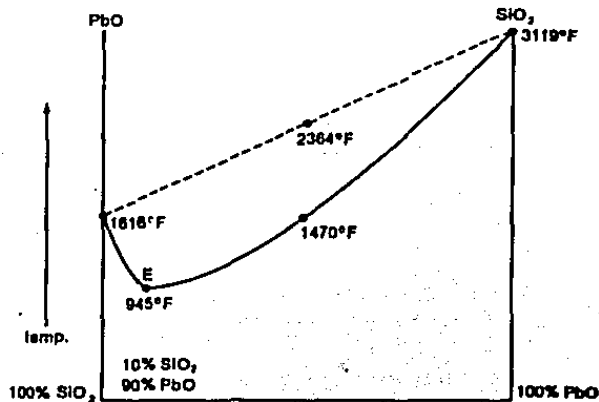
Cono 08-04 Barnices de plomo				Cono 08-04 Barnices alcalinos			
PbO	0.2-0.60	Al ₂ O ₃	0.15-0.20	PbO	0-0.5	Al ₂ O ₃	0.05-0.25
KNaO	0.1-0.25	B ₂ O ₃	0.15-0.60	KNaO	4-0.8		
ZnO	0.1-0.25			CaO	0-0.3	SiO ₂	1.5-2.5
CaO	0.3-0.60	SiO ₂	1.5-2.50	ZnO	0-0.2		
BaO	0 -0.15						
Cono 2-5 Barniz de plomo-calcio				Cono 2-5 Barniz de plomo-bórax			
PbO	0.4-0.60	Al ₂ O ₃	0.2-0.28	PbO	0.2 -0.3	Al ₂ O ₃	0.25-0.35
CaO	0.1-0.40			KNaO	0.2 -0.3	B ₂ O ₃	0.20-0.60
ZnO	0 -0.25	SiO ₂	2.0-3.0	CaO	0.35-0.5		
KNaO	0.1-0.25			ZnO	0 -0.1	SiO ₂	2.5-3.5
Cono 2-5 Barniz de colemanita				Cono 8-12 Barniz de cerámica compacta			
CaO	0.2-0.50	Al ₂ O ₃	0.2-0.28	KNaO	0.2-0.40	Al ₂ O ₃	0.3-0.5
ZnO	0.1-0.25	B ₂ O ₃	0.3-0.6	CaO	0.4-0.70	B ₂ O ₃	0.1-0.3
BaO	0.1-0.25			MgO	0 -0.35		
KNaO	0.1-0.25	SiO ₂	2.0-3.0	ZnO	0 -0.30		
				BaO	0 -0.30	SiO ₂	3.0-5.0

Para intentar modificar un barniz que no ha resultado satisfactorio, el ceramista puede acudir a varios remedios simples. Si el barniz es demasiado fluido, se puede añadir cuarzo o caolín, pues ambos aumentan el punto de fusión; si es demasiado duro, se aumenta el fundente para obtener un barniz más fluido. Sin embargo, algunas veces el efecto es opuesto y en tales casos el estudiante siente, justificadamente, que el instructor que sugirió el cambio tiene pocos conocimientos de la química de los barnices.

El verdadero culpable de muchos de estos fracasos de formulación es el fenómeno químico conocido con el nombre de eutéctico. Un eutéctico es el punto más bajo al cual dos productos pueden combinarse o fundirse. Es mucho más bajo que el punto de fusión de cualquiera de los productos individuales. Por ejemplo, el óxido de plomo tiene un punto de fusión de 1616°F (880°C) y

429. Punto de fusión eutéctico de plomo y silicio. (Arriba, izquierda.)

430. Esta línea, que está algo exagerada, demuestra los efectos impredecibles de los puntos eutécticos en un barniz. (Abajo, izquierda.)

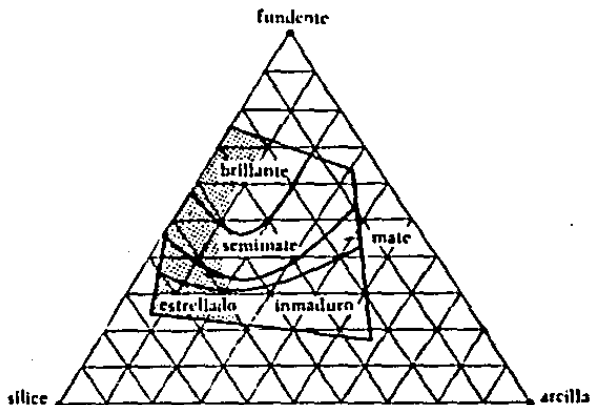


la sílice funde a 3119°F (1715°C). Sería de esperarse que una mezcla 50-50 de plomo y sílice fundiera a un punto intermedio, 2364°F (1294°C), pero el punto de fusión real es mucho menor, unos 1470°F (798°C). El punto de fusión más bajo del plomo y la sílice (punto eutéctico) se presenta a unos 945°F (510°C), con una mezcla de aproximadamente 90% de óxido de plomo y 10 % de sílice. El diagrama de líneas de la Fig. 429 ilustra la reacción bastante simple entre el óxido de plomo y la sílice y el punto eutéctico en E.

En un barniz real —constituido por materiales complejos y conteniendo diversos fundentes, alúmina, e incluso diferentes tipos de sílice— la reacción durante el quemado es mucho más complicada. Es perfectamente factible que existan dos o más puntos eutécticos.

La Fig. 430 muestra una reacción hipotética con dos puntos eutécticos, entre varios fundentes y sílice. El movimiento vertical representa el cambio de la temperatura de fusión a medida que una parte del fundente se reemplaza con una cantidad igual de sílice. Los barnices situados en las áreas B y C son los más difíciles para los ceramistas, pues un ligero cambio en la composición

o la temperatura resulta sumamente crítico. Estos son, en general, barnices de alto brillo. En el área B, un pequeño aumento de sílice aumentará el brillo y elevará la temperatura de fusión, pero en el área C, un aumento de la sílice disminuye la temperatura de fusión y crea un barniz muy fluido. Los puntos E1, E2 y E3 son especialmente críticos, pues una muy pequeña elevación de la temperatura cambiará el carácter del barniz. Los barnices que resultan más satisfactorios están situados en los intervalos inferiores de A y D. Debido a la poca pendiente de las curvas en estas áreas, una pequeña variación de la sílice o la temperatura no causa un gran cambio en el barniz quemado. Los mates de alúmina, calcio, zinc y dolomita quedan en la parte baja del área A. A medida que se disminuye la sílice en el área A, el barniz se vuelve más mate y finalmente resulta áspero e incompleto cuando la proporción de sílice es muy baja. Los barnices transparentes y de mayólica están situados en el área inferior de D; éstos se vuelven menos brillantes a medida que la proporción de sílice y la temperatura aumentan. Aunque los barnices del área D pueden ser tan brillantes como los barnices impredecibles de B



431. Este diagrama muestra los barnices que se pueden obtener a como 10 con diversas proporciones de arcilla, sílice y fundentes.

y C son bastante estables y no se afectan por variaciones pequeñas de la sílice o de la temperatura. Los barnices de cenizas están situados en estas áreas; los de B y C son muy fluidos e impredecibles.

La Fig. 430 es un concepto netamente teórico para visualizar las reacciones entre los fundentes y la sílice. No representa un barniz real, pues se ignora la función de la alúmina. En la Fig. 431 se muestra la forma más usual para la representación gráfica de un barniz. En este diagrama aparecen los tres principales componentes de un barniz: fundentes, sílice y arcilla (alúmina-sílice). El pequeño triángulo de cada ápice contiene 100% del compuesto usado. Al desplazarse a lo largo de la línea de la base del eje sílice-arcilla, la relación cambia a 90% sílice y 10% arcilla (caolín), después a 80% sílice y 20% arcilla, etc. Avanzando en sentido vertical, los triángulos contienen cantidades crecientes del tercer componente del barniz, los fundentes. La sección aproximadamente cuadrada del centro cubre las pruebas de barnices que funden a como 10. Tal como lo indica el gradiente, existe un cambio de mate a brillante a medida que aumentan los fundentes, y una área de barnices cuarteados cuando el contenido de alúmina es bajo. El contenido de arcilla también tiene un efecto decisivo sobre el brillo o la mateidad del barniz. Tal como lo indican las Figs. 430 y 431, los barnices mates y semimates cubren un intervalo mucho más amplio de posibles combinaciones a una cierta temperatura. El gradiente pronunciado del área brillante en la Fig. 431 sugiere que los puntos eutécticos de este barniz quedan situados en este intervalo.

El uso de diagramas triaxiales para planear experimentos tiene muchas aplicaciones en la cerámica. Se requiere bastante tiempo para completar la totalidad de la secuencia y se puede ahorrar esfuerzo concentrándose en las áreas en las que se pueden esperar resultados prácticos. Este sistema es especialmente útil para lograr experiencia con respecto al poder fundente relativo de diversos compuestos, sus efectos sobre los colorantes y la mezcla de colorantes y opacificantes.

MATERIALES CERAMICOS

Por lo general, los productos químicos que emplea el ceramista, no son óxidos puros, sino compuestos complejos que existen comercialmente para usos industriales, en forma más o menos refinada y a bajo costo. Debido a las diferencias tanto en el origen mineral como en los métodos de refinación, los productos químicos cerámicos de diferentes proveedores pueden variar ligeramente. Incluso cuando se trata de un solo proveedor, pueden presentarse cambios de tiempo en tiempo. Las industrias cerámicas casi siempre comprueban los análisis de los materiales que reciben, pero esto casi nunca sucede con los ceramistas pequeños. Si un barniz ya conocido reacciona anormalmente, se debe considerar este factor siempre y cuando, desde luego, no hayan existido desviaciones en los procesos de hornizado y quemado. Los feldspatos, en particular, suelen variar bastante en su poder fundente. Por esta razón no se ha puesto mucho énfasis en la importancia de una fórmula de barniz sino en la adquisición de conocimientos experimentales de las propiedades de los ingredientes de los barnices. Las fórmulas de preparación que aparecen en el Apéndice tienen por objeto servir de ilustración y pueden tener que ajustarse ligeramente para usarse con los materiales disponibles.

Para mayor facilidad de los estudiantes en el proceso de transformar una fórmula empírica en una receta de preparación, se incluye a continuación una lista de los principales fundentes de los diversos óxidos RO , R_2O_3 y RO_2 . Al final de este capítulo aparece una descripción química más completa en orden alfabético.

Fuentes de óxidos básicos (RO)

El óxido de bario (BaO) es un fundente muy activo en ciertas condiciones. Su inclusión en vidrios produce un brillo que sólo es sobrepasado por los silicatos de plomo. El efecto del bario en la expansión térmica del barniz es menor que el de los álcalis y el calcio. La mejor fuente de bario es:

Carbonato de bario ($BaCO_3$)

El óxido de calcio (CaO) produce, en comparación con los óxidos alcalinos, un barniz más resistente a la abrasión, a los ácidos moderados y a la intemperie. También disminuye el coeficiente de expansión térmico, con lo cual incrementa la resistencia a la tensión. Aunque generalmente se usa en pequeñas cantidades con otros fundentes en los barnices de baja temperatura, el calcio no debe constituir el único fundente a temperaturas inferiores de como 3. Es el fundente más común a temperaturas de porcelana. Como en el caso de la alúmina, un exceso de calcio tiende a producir texturas mates.

Las fuentes de calcio son:

- Carbonato de calcio* (CaCO_3)
- Burato de calcio* ($2 \text{CaO} \cdot 3 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), más conocido como colemanita
- Dolomita* [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]
- Fluoruro de calcio* (CaF_2), más conocido como el mineral espatoflúor
- Cenizas de hueso* [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]
- Wulastonita* (CaSiO_3)

El óxido de plomo (PbO) se ha mencionado con frecuencia como uno de los principales fundentes para baja temperatura. Son varias las razones de su popularidad. Se combina fácilmente con todos los demás fundentes y tiene un coeficiente de expansión más bajo que los fundentes alcalinos. El plomo proporciona alto brillo a los barnices, aunque ésta puede ser una desventaja en algunas ocasiones. Los barnices de plomo funden y fluyen bien y, por lo tanto, tienden a reducir los puntos de alfiler y otros defectos de los barnices de tipo más viscoso. Las principales desventajas son: la naturaleza venenosa de los compuestos de plomo (a menos que estén fritados) y su poca resistencia al ataque de los ácidos de las fritas. El plomo tiende a coagrecerse o a desarrollar una capa negra si se reduce ligeramente. La superficie de un barniz de plomo se raya con facilidad a menos que se añada un fundente alcalino. Existen muchas formas de plomo, tales como:

- Gilena* (PbS)
- Litargirio* (PbO)
- Mintio* (Pb_2O_3)

- Plomo blanco* [$2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$]
- Monosilicato de plomo*, el silicato de plomo frito constituido por aproximadamente 16% SiO_2 y 84% PbO
- Bisilicato de plomo*, otro silicato de plomo comercial, con una composición aproximada de 65% PbO, 33% SiO_2 y 2% Al_2O_3 .

El óxido de litio (Li_2O) es más común en la fabricación de vidrio, pero posee varias cualidades impurantes que lo hacen ocasionalmente útil en barnices. El litio (en forma de carbonato) es costoso, pues está presente en cantidades muy pequeñas (3 — 8%) en los minerales naturales que lo contienen. Tiene un peso atómico mucho más bajo que el sodio o el potasio (relación de 1:3 y 1:5), y por consiguiente, se puede usar una cantidad de material menor sin disminuir la acción fundente. Esto tiene como efecto la reducción de las tensiones causadas por las expansiones y contracciones térmicas, obteniéndose un barniz más durable. Las fuentes de litio son:

- Lepidolita* ($\text{LiF} \cdot \text{KF} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{SiO}_2$)
- Espalmeno* ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$)
- Carbonato de litio* (Li_2CO_3)
- Petalita* ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{SiO}_2$)
- Amblygonita* ($2 \text{LiF} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$)

El óxido de magnesio (MgO) se halla con frecuencia combinado con los feldespatos y las piedras calizas. Disminuye la expansión térmica más que otras bases y es tan satisfactorio como los fundentes alcalinos para el desarrollo de barnices durables. En algunas combinaciones produce una ligera opacidad. Cuando se adiciona a barnices de baja temperatura su efecto es refractario; es un buen fundente a altas temperaturas y se vuelve bastante fluido. Las fuentes de magnesio son:

- Carbonato de magnesio* (MgCO_3)
- Dolomita* [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]
- Talco (varia desde $3 \text{MgO} \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ hasta $4 \text{MgO} \cdot 5 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- En la forma sólida más impura se le conoce también como esteatita y piedra jabonosa.
- Diápsido* ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{SiO}_2$)

El óxido de potasio (K_2O) es similar en su poder fundente al del sodio. Tiene un coeficiente

de expansión térmica más bajo, por lo que aumenta la dureza y el brillo de las piezas barnizadas y disminuye la fluidez del barniz. Las fuentes de potasio son:

Carbonato de potasio (K_2CO_3), también conocido como cenizas apertadas

Feldespato potásico ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$)

Piedra de Cornwall, componente complejo de composición variable, aproximadamente similar al feldespato y contenido como fundentes calcio, sodio y potasio (1 RO \cdot 1.08 Al_2O_3 \cdot 7.79 SiO_2)

Piedra de Carolina, producto similar a la piedra Cornwall

Cenizas volcánicas, cuya fórmula cerámica es:

0.660 K_2O 0.899 Al_2O_3 9.59 SiO_2

0.230 Na_2O 0.060 Fe_2O_3 0.05 TiO_2

0.096 CaO

0.014 MgO

Vitrox plástico (1 RO \cdot 1.69 Al_2O_3 \cdot 14.64 SiO_2)

El óxido de sodio (Na_2O) es uno de los fundentes más comunes para hajas temperaturas. Tiene el coeficiente de expansión más alto de todas las bases y generalmente produce una resistencia a la tensión y una elasticidad más bajas en los silicatos que todos los demás fundentes. Las fuentes cerámicas comunes de sodio son:

Cloruro de sodio ($NaCl$)

Carbonato de sodio (Na_2CO_3), también conocido como cenizas de soda

Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)

Bórax ($Na_2O \cdot 2 B_2O_3 \cdot 10 H_2O$)

Feldespato sódico ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$)

Criolita (Na_3AlF_6)

Sianita nefelínica ($K_2O \cdot 3 Na_2O_3 \cdot 4 Al_2O_3 \cdot 9 SiO_2$)

El óxido de zinc (ZnO) puede proporcionar varias diferentes cualidades a un barniz. Puede emplearse para reemplazar parte de los fundentes alcalinos solubles. El zinc sólo es superado por el magnesio en cuanto a su efecto de disminución del coeficiente de expansión y por el calcio en lo que se refiere a aumentar la resistencia de un barniz. Contribuye con cierto grado de opacidad al barniz y ayuda a reducir los efectos de

cuarteo. El principal compuesto de zinc usado en cerámica es:

Oxido de zinc (ZnO)

Fuentes de óxidos neutros (R_2O_3)

A diferencia del grupo RO, que incluye bastantes compuestos similares, el grupo R_2O_3 está prácticamente limitado a la alúmina (Al_2O_3) y unos cuantos óxidos que tienen la misma proporción de oxígeno. La mayor diferencia entre un vidrio y un barniz es la presencia de alúmina en éste. El contenido de alúmina es un factor de gran importancia en la obtención de un buen barniz. Este óxido controla la fluidez de la fusión del barniz y le permite soportar las temperaturas necesarias para la madurez del cuerpo. Cantidades mayores de alúmina aumentan la dureza del barniz y su resistencia a la abrasión y a los ácidos. Los barnices cristalinos deben ser necesariamente bajos en alúmina, pues este óxido impide la devitrificación que acompaña a la formación de cristales.

La alúmina (Al_2O_3) en un barniz puede variar desde 0.1 hasta 0.9 equivalentes moleculares, dependiendo de la temperatura de quemado. Las relaciones equivalentes entre los grupos de alúmina y sílice pueden variar desde 1:4 hasta 1:20. Para barnices brillantes, la relación es de aproximadamente 1:10. Tal como ya se mencionó, un aumento de la alúmina tiende a producir texturas mates. Un barniz de porcelana brillante que se queme a conos 10-12 tendrá una relación sílice-alúmina entre 1:7 y 1:8, mientras que en los mates es de 1:32 a 1:38. La alúmina también afecta el desarrollo de los colores. El azul normal del óxido de cobalto se convierte en rosado en ausencia de alúmina. El óxido de cromo, que por lo general produce tonos verdes, tiende a volverse rojo en presencia de un exceso de alúmina. Las fuentes de alúmina son:

Alúmina hidratada [$Al(OH)_3$]

Feldespato y piedra de Cornwall (véanse las Secs. de óxidos RO)

Caolín (arcilla china) $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$
(véanse las Secs. de arcilla)

Sianita nefelinica ($K_2O \cdot 3 Na_2O \cdot 4 Al_2O_3 \cdot 9 SiO_2$)

Vitrox plústico ($1 RO \cdot 1.69 Al_2O_3 \cdot 14.64 SiO_2$)

Pirofilina ($Al_2O_3 \cdot 4 SiO_2 \cdot H_2O$)

El óxido de **antimonio** (Sb_2O_3) se usa principalmente como opacificante y colorante. Se obtiene del:

Oxido antimoniato (Sb_2O_3)

Antimoniato básico de plomo, [$Pb_3(SbO_4)_4$], también llamado amarillo de Nápoles.

El óxido **bórico** (B_2O_3) es uno de los óxidos neutros (R_2O_3), que, de acuerdo con la definición, pueden reaccionar como bases o ácidos. Las propiedades refractarias de la alúmina son más parecidas a las de la sílice, que es un óxido ácido, que a cualquiera de las bases. El óxido bórico tiene varias características similares a las de la alúmina: la alúmina de los barnices mates puede reemplazarse satisfactoriamente por óxido bórico; los efectos de color no cambian por esta sustitución; tanto la alúmina como el óxido bórico afectan a los colores lujobarniz rojos y verdes; y ambos pueden formar cristales mezclados. Sin embargo, en general, el óxido bórico actúa como fundente, pues en comparación con la sílice aumenta la elasticidad, disminuye la resistencia a la tensión y, en cantidades limitadas, reduce el coeficiente de expansión térmica. Al igual que el plomo, aumenta el brillo y el índice de refracción al barniz. Los principales compuestos que contienen boro son:

Acido bórico ($B_2O_3 \cdot 2 H_2O$)

Minar ($Na_2O \cdot 2 B_2O_3 \cdot 10 H_2O$)

Colemanita ($2 CaO \cdot 3 B_2O_3 \cdot 5 H_2O$). Hamada técnicamente borato de calcio.

El óxido **crómico** (Cr_2O_3) se obtiene del mineral cromita ($FeCr_2O_4$). Se usa como colorante en el barniz. El hecho de que la forma mineral sea un espinel natural, indica su uso como pigmento.

El óxido rojo de **hierro** (Fe_2O_3) se usa generalmente como agente colorante para obtener tonos café rojizos y también para modificar al cobre y al cobalto. Podría emplearse además como fun-

dente si no fuera por su fuerte acción colorante. Su presencia en muchos compuestos se considera como impureza, y por lo general se hacen grandes esfuerzos para eliminar el hierro de los cuerpos blancos. Corresponde a la relación R_2O_3 , pero no tiene ninguna de las propiedades refractarias de la alúmina.

Fuentes de óxidos ácidos (RO_2)

El óxido importante de este grupo, la sílice, produce efectos refractarios en los barnices, mientras que los restantes actúan en su mayor parte como opacificantes o agentes colorantes.

La sílice se combina con facilidad con las bases para formar silicatos vítreos. Es el compuesto más común de un barniz, constituyendo aproximadamente el 50% en peso. Su efecto consiste en aumentar el punto de fusión del barniz, disminuir su fluidez, aumentar la resistencia al agua y a los productos químicos, incrementar la dureza y la resistencia a la tensión, y reducir el coeficiente de expansión térmica. Las cantidades de sílice que se emplean dependen del fundente y del punto de maduración del barniz, pero generalmente fluctúan entre 1 y 6 equivalentes moleculares.

La sílice se obtiene, por lo general, de arena o, cuarzo o perlermal. La sílice existe combinada en muchos materiales cerámicos, que ya se han mencionado. A continuación se indican algunos de los más comunes:

Arcilla de brida ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$)

Coalín ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$)

Feldespató sódico ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$)

Feldespató potásico ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$)

Piedra de Cornwall ($1 RO \cdot 1.16 Al_2O_3 \cdot 8.95 SiO_2$)

Wolastonita ($Ca \cdot SiO_3$)

Petalita ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8 SiO_3$)

El óxido de **estaño** (SnO_2) se usa principalmente como opacificante en los barnices. Aunque es bastante costoso, se sigue empleando debido a que produce un poder cubriente más alto que cualquier otro opacificante. La principal forma del estaño es:

Oxido de estaño (SnO₂), también llamado óxido estánico

El óxido de titanio (TiO₂) es probablemente el único óxido del grupo RO₂ que tiene algunas de las propiedades refractarias de la sílice. Sin embargo, su uso en barnices se basa por completo en su efecto sobre los colores y su acción como opacificante.

Dióxido de titanio (TiO₂)

Arcilla (TiO₂), forma impura que contiene óxidos de hierro y vanadio.

Características de los productos cerámicos

Acido bórico (B₂O₃ · 2H₂O). Es un material cristalino soluble en agua. Existe comercialmente en estado bastante puro a precios razonables. Aunque el boro es uno de los óxidos neutros (R₂O₃), funciona más como fundente, pues al igual que el plomo, aumenta el brillo. A diferencia de la sílice, que también es un ácido, el boro reduce el coeficiente de expansión y ayuda a aumentar la elasticidad.

Alúmina hidratada [Al(OH)₃] preferible a la forma calcinada, (Al₂O₃), para algunos usos, pues posee mejores cualidades adhesivas y se suspende en el barniz con más facilidad. Para la obtención de efectos mates es más efectivo usar la forma hidratada que aquella en forma de compuestos como arcilla o feldespato.

Aluminato de sodio (Na₂O · Al₂O₃). Se utiliza para evitar que las barbotinas de pasta se sedimenten y para aumentar la resistencia a las piezas secas.

Antimoniato básico de plomo [Pb₃(SbO₄)₂], también conocido como *amarillo de Nápoles*, se emplea principalmente como pigmento en pinturas. Es una fuente de amarillos de baja temperatura. La presencia de plomo en el amarillo de Nápoles constituye una ventaja, pues el antimonio no produce un amarillo a menos que esté combinado con plomo o hierro.

Arcilla Este material es el resultado de la descomposición de una roca tipo feldespato que está formada principalmente de silicatos de aluminio, pero también suele contener muchos otros ingredientes, tales como cuarzo, micas, feldespatos, óxidos de hierro, carbonatos de calcio y magnesio y materia orgánica.

Arcilla de Albany. Es una arcilla natural de engobe que contiene sílice, alúmina y fundentes en las proporciones adecuadas para poder actuar como barniz. Se extrae en las inmediaciones de Albany, Nueva York. Puesto que existe en yacimientos pequeños, su composición y color pueden variar. Por lo general, produce después del quemado un color café negroazulado brillante a temperaturas entre conos 8-12. En algunas ocasiones puede dar un ante transparente, bastante pálido. Las arcillas de engobe suelen ser bastante fáciles de aplicar y quemar con pocos o ningún defecto. La composición y la fórmula típicas son:

Composición			
	%		%
Sílice	56.75	Oxido de magnesio	3.23
Alúmina	15.47	Oxido de titanio	1.00
Oxido férrico	5.73	Alcalis	3.25
Cal	5.78		

Fórmula		
0.195 K ₂ O	0.608 Al ₂ O ₃	3.965 SiO ₂
0.459 CaO	0.081 Fe ₂ O ₃	
0.345 MgO		

Bentonita (Al₂O₃ · 4 SiO₂ · 9 H₂O). Es de origen volcánico. Esta fórmula no es totalmente correcta, pues la bentonita contiene otras impurezas. La bentonita de South Dakota tiene el siguiente análisis:

	Porcentaje	Porcentaje
Sílice	64.23	Cal 0.46
Alúmina	20.74	Oxido de Magnesio 2.26
Oxido de Hierro	3.49	

Por lo general, produce un color crema pálido al quemar y funde a unos 2 400°F (1092°C). Su principal utilidad es como plastificante para arcillas cortas. Como tal, es unas cinco veces más efectivo que una arcilla de bola. La bentonita purificada también produce un barniz de mayor poder cubriente y ayuda a evitar la sedimentación de la suspensión. Una adición de 3% suele ser suficiente.

Bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Tiene algunos usos en las formulaciones de barbotinas y en la formación de colorantes con sulfato de cobalto. La forma más común para el uso de sodio como fundente es el carbonato de sodio (Na_2CO_3).

Blanco de España (CaCO_3). Es un carbonato de calcio producido a partir de mármol o caliza. El blanco de España se obtiene en Europa de depósitos de tiza, tales como los famosos de Dover. El blanco de España es uno de los principales fundentes de alta temperatura, aunque tiene un uso limitado en cuerpos, en donde una cantidad pequeña disminuye las temperaturas de vitrificación y reduce la porosidad. Como fundente, produce silicatos más duros y resistentes que el plomo o los compuestos alcalinos. Por esta razón, a los barnices de baja temperatura se les suele añadir pequeñas cantidades de carbonato de calcio. Como en el caso de otros fundentes, el calcio tiene efectos sobre los óxidos colorantes, especialmente los verdes de cromo.

Borato de calcio (véase Colemanita).

Bórax ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Es, después del plomo, el principal fundente para bajas temperaturas. Tiene una fuerte acción sobre todos los compuestos cerámicos, e incluso puede usarse en pequeñas cantidades en los barnices de alta temperatura que tienden a ser demasiado viscosos. El bórax tiene un efecto diferente al del plom-

no sobre los agentes colorantes y por esta razón se suele emplear solo o en combinación con plomo. El bórax absorbe humedad y debe mantenerse bien seco para que los cálculos de peso no resulten inexactos. Tal como se mencionó antes, el bórax es muy soluble en agua y no debe usarse sobre piezas crudas.

Cal (CaO), óxido de calcio (véase blanco de España).

Caliza (véase Blanco de España).

Coalín ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se le llama también arcilla china o arcilla pura. Debido a su composición y relativa pureza, el coalín es la arcilla de quemado más alta. Es un ingrediente importante de todos los cuerpos, pues al quemar no produce color. Para los barnices, el coalín constituye una fuente importante de Al_2O_3 y SiO_2 . Los principales depósitos residuales de los Estados Unidos están en Carolina del Norte y los depósitos sedimentarios están en Carolina del Sur y Georgia. Para los cuerpos se prefieren los tipos sedimentarios, que son más plásticos. Los depósitos sedimentarios de coalín de Florida son bastante plásticos y en algunos casos se les llama caolines de bola.

Carbonato de bario (BaCO_3). Se usa por lo general en combinación con otros fundentes, pues a temperaturas bajas se combina con mucha lentitud y actúa como refractario para formar texturas mates. A temperaturas más altas reacciona fuertemente como fundente.

Carbonato de calcio (véase Blanco de España).

Carbonato de cobalto (CoCO_3). Se usa para producir color azul en los barnices. Cuando se combina con manganeso, cromato de hierro, u otros, forma colores negros.

Carbonato de cobre (CuCO_3). Es uno de los principales colorantes verdes usados en los barnices. La forma de carbonato es preferible a la del óxido en la producción de verde-azules o rojos de cobre en condiciones reductoras.

Carbonato de litio (Li_2CO_3). Es la fuente más común de litio, que es un fundente poderoso en los intervalos altos de temperatura. Al introducir litio en los barnices alcalinos, se pueden usar cantidades mayores de Al_2O_3 , SiO_2 y CaO , con lo cual se obtiene un barniz más durable, pudiéndose preservar el color especial de los azules de cobre en los barnices alcalinos. Puede usarse reemplazando al plomo en los intervalos de temperaturas intermedias, cuando la volatilización de éste representa un problema.

Carbonato de magnesio (MgCO_3). La magnesia, como también se le llama, actúa como refractario a temperaturas bajas, siendo un fundente a temperaturas altas. Es útil para reducir la fluidez de los barnices cristalinos y de otros tipos que tienden a escurrir. También mejora la adhesión del barniz.

Carbonato de plomo [2PbCO_3 , PPb(OH)_2]. también conocido como plomo blanco, es un fundente de baja temperatura que reduce la tensión superficial e imparte viscosidades bajas en un amplio intervalo de temperaturas. Esto da por resultado un barniz brillante y terso con pocos defectos de superficie. El plomo puede constituir todo el fundente de un barniz de baja temperatura (Frita Pemco No. 316,), o, a como 4,

una cantidad menor (barnices de loza de mesa,). A menos que estén apropiadamente formulados, los barnices de plomo pueden ser venenosos, pues el plomo se solubiliza al estar en contacto con ácidos. El plomo debe usarse solamente como frita de silicato de plomo, pues de otra forma puede absorberse en el cuerpo humano por inhalación o a través de heridas en la piel. El desprendimiento de plomo aumenta notablemente al incluir más de 2% de CuO o más de 5% de una combinación de Fe_2O_3 y MnO_2 . Sin embargo, con cantidades relativamente grandes de Al_2O_3 , SiO_2 , CaO y ZrO_2 se aumenta la resistencia a los ácidos de los barnices de plomo. Las adiciones de Na_2O , K_2O y BaO disminuyen la resistencia a los ácidos.

Carbonato de potasio (K_2CO_3). Se conoce también como cenizas apirladas. Se usa principalmen-

te para modificar efectos de color. Cuando se sustituye el plomo, el sodio o el calcio por carbonato de potasio, los colores producidos por el óxido de cobre pueden cambiar del verde usual a verde amarillento o azul brillante.

Carbonato de sodio (Na_2CO_3). Se le llama también cenizas de sosa. Es un fundente poderoso, pero debido a su solubilidad es más común emplearlo incorporado en una frita. Pequeñas cantidades de carbonato de sodio, usado como defloculante, reducen la proporción de agua de plasticidad que se requiere en un cuerpo arcilloso. Esto permite un mejor formado del cuerpo plástico, mayor resistencia y un menor encogimiento al pasar del estado húmedo al seco.

Carburo de silicio (SiC). Este compuesto tiene muchos usos industriales. Su utilidad en la cerámica radica en su uso como ingrediente principal o único de muelas, soportes y cajas refractarias para hornos de alta temperatura. Cuando se agrega a barnices alcalinos en pequeñas cantidades (0.5 a 1%), el carburo reduce a los óxidos de cobre formándose rojos de cobre en algunas zonas.

Cenizas apirladas (véase Carbonato de potasio).

Cenizas de hueso. En estado impuro, corresponden a la fórmula $4\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$, con un peso molecular de 1340. El material que se usa es casi siempre un fosfato de calcio purificado, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, con un peso molecular de 310. Algunas veces se aplica como fundente de barniz, pero es más común como ingrediente de los cuerpos en la porcelana de hueso, especialmente en la que se produce en Inglaterra. Reduce las temperaturas de quemado y aumenta la transparencia.

Cenizas de sosa (véase Carbonato de sodio).

Ceniza volcánica. Existe en muchas regiones del continente americano. Su formación proviene de partículas del polvo de vidrio de lava volcánica de las erupciones. Puesto que este material puede haber flotado en el aire por muchos kilómetros antes de depositarse, es muy fino y puede usarse con poca preparación. Su composición es

aproximadamente similar a la de la roca granítica (véase la fórmula en la sección de Óxidos RO. Un análisis promedio de cenizas de Kansas es:

	%		%
SiO ₂	72.51	MgO	0.07
Al ₂ O ₃	11.55	K ₂ O	7.87
Fe ₂ O ₃	1.21	Na ₂ O	1.79
TiO ₂	0.54	Péridola por calcinación	3.81
CaO	0.68		

En la mayoría de los barnices, la ceniza volcánica puede sustituirse por 70 partes de feldespato y 30 partes de sílice. Un barniz de cono 04 puede formularse con 60% de cenizas y 40% de bórax y plomo, o únicamente plomo.

Cloruro férrico (FeCl₃ · 6 H₂O). También se conoce con el nombre de *cloruro de hierro*. Es muy soluble en agua y debe almacenarse en recipientes herméticos. Su principal uso es en la decoración con lustres sobre vidrio o barnices. Produce una película iridiscente de color amarillo al quemarse en condiciones apropiadas (véase Barnices de lustres).

Cloruro de plata (AgCl). Es el principal compuesto de plata empleado en la preparación de lustres sobrebarniz (véase Lustres).

Cuando el cloruro de plata se combina con bismuto y una resina o un aceite graso como aglutinante, se produce un lustre metálico sobrebarniz de tintes verdes o amarillentos.

Colemanita (2 CaO · 3 B₂O₃ · 5 H₂O). Es un borato de calcio hidratado natural que tiene la ventaja de ser poco soluble en agua. Por lo tanto, no produce los grumos granulares de barniz característicos del uso de bórax. La colemánita se emplea extensamente como fundente de baja temperatura, pues el boro presente funde a intervalos bastante bajos. Tiende a evitar el cuarteo y también actúa hasta cierto grado como opacificante. La colemánita puede reemplazar al calcio en algunos barnices en los que este elemento perjudica a los colores rosa o rojo desecados. La colemánita,

tanto en los barnices de alta como de baja temperatura, tiende a desarrollar un color opalescente azulado. Los barnices con colemánita deben usarse inmediatamente después de prepararlos, pues tiende a deflocular. El borato de Gerstlay, otro tipo de colemánita, es mejor a este respecto.

Criolita (Na₂AlF₆). Se usa principalmente como fundente y opacificante para esmalte y vidrios. Tiene usos limitados en barnices y cuerpos como fuente de fundentes y alúmina. En algunos barnices, la adición de criolita favorece el cuarteo.

Cromato de bario (BaCrO₄). Se usa para producir colores desde amarillo pálido hasta verde. Por lo general se emplea como decoración sobrebarniz, pues desaparece a temperaturas superiores a cono 04.

Cromato de hierro (FeCrO₄). Se usa en combinación con óxidos de manganeso y zinc para producir colores bajo barniz café o con cobalto para negros. Usado solo, el color desaparece por encima de cono 04.

Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇). Se usa en barnices como colorante verde. Cuando se calcina con estaño, se obtienen pigmentos rojos y rosas (véase Óxido crómico).

Dióxido de manganeso (véase óxido de manganeso).

Dolomita [CaMg(CO₃)₂]. Es un carbonato doble de calcio y magnesio. Tiene más usos en la fabricación de vidrio que en los barnices. Es un método económico para introducir calcio y magnesio en un barniz. La dolomita promueve un ciclo de quemado más largo y más bajo en los cuerpos de arcilla. Por debajo de cono 4, la adición de una pequeña cantidad de un fundente alcalino de baja temperatura a la dolomita, aumenta notablemente este efecto.

Espatoflúor (CaF₂). Se llama también *fluoruro de calcio* y tiene un uso limitado como fundente en las composiciones de barnices y cuerpos. El tamaño de las partículas debe ser inferior a 100 mallas cuando se usa en el cuerpo, pues

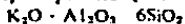
de otra forma se producirían puntos de alfiler en el barniz. El espatoflúor funde a temperatura más baja que los demás compuestos de calcio. Con los óxidos de cobre produce tonos azul-verdosos muy especiales.

Espodumeno ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$). Este compuesto es una importante fuente de litio. El uso de litio, que es un fundente poderoso, ayuda a desarrollar los azules de cobre. El espodumeno también se añade a las formulaciones de cuerpos blancos y a las de porcelana. Cuando se usa para sustituir al feldespato, reduce la temperatura de vitrificación así como el encogimiento. Aunque parezca extraño, la forma cristalina del espodumeno se expande a 1700°F (927°C) en lugar de contraerse. Cuando se usa una mezcla de 60% de espodumeno y 40% de bisilicato de plomo, se puede producir un cuerpo no plástico prensado, que quemado a 1970°F (1077°C), tendrá cero absorción y cero encogimiento.

Estatita. Es un silicato de magnesio hidratado derivado del talco. La mayor parte de la estatita se usa en forma pulverizada para aisladores eléctricos. Tiene un encogimiento muy bajo y en ocasiones, los trozos del mineral rocoso se utilizan en trabajos especiales. La estatita era empleada por los egipcios hace 5 000 años para fabricar cuentas y pequeñas figuras. Por lo general, estas piezas se recubrían con un barniz alcalino de cobre de color turquesa (véase Talco).

Feldespato. Es una roca cristalina constituida por silicoaluminatos de potasio, sodio y calcio. Estos silicatos nunca se encuentran en forma pura sino como mezclas en las cuales predomina uno de ellos. Para facilitar los cálculos cerámicos, sus fórmulas se consideran como sigue:

Feldespato potásico (microclina)



Feldespato sódico (albita)



Feldespato cálcico (anortita)



Los feldespatos son el principal ingrediente de los cuerpos de porcelana y pasta blanca, y con

frecuencia son la única fuente de fundentes para el cuerpo. Si el contenido de feldespato del cuerpo es alto, la sustitución del feldespato potásico por sódico puede reducir el punto de vitrificación hasta en 100°F (60°C). Los feldespatos son una fuente económica de fundente para el barniz y tienen la ventaja de ser insolubles. Debido a la presencia de SiO_2 y Al_2O_3 , el feldespato no puede considerarse como un fundente a temperaturas bajas, aun cuando sí contribuye con un cierto grado de acción fundente. Esta acción fundente aumenta con la finura del tamaño de las partículas. El potásico forma un barniz más duro que el sódico y disminuye la expansión térmica. Por lo tanto, a menos que se desee tener sodio para el desarrollo de ciertos colores, el feldespato potásico debe ser el preferido para barnices.

Fluoruro de calcio (véase Espatoflúor).

Fosfato de calcio (véase Ceniza de huesos).

Greta (véase Óxido de plomo).

Hemenita ($\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$). Es la fuente mineral del titanio y sus compuestos. Usado como polvo grueso produce puntos negros decorativos en los barnices.

Lepidolita ($\text{LiF} \cdot \text{KF} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$). También se le llama mica de litio y contiene 3.6% de litio. Tiene ciertos usos como ingrediente de cuerpos en luz de mesa y es una fuente de fundente. Al_2O_3 y SiO_2 en barnices de alta temperatura. Tiende a abrigar la mayoría de los barnices, disminuye la expansión térmica y reduce la fragilidad (véase Carbonato de litio).

Litargirio (PbO véase Óxido de plomo).

Magnetita (véase Óxido de hierro).

Minio (véase Óxido de plomo).

Ocre. Este es un término que describe a las arcillas que contienen cantidades variables de óxidos de hierro y manganeso. Su uso principal radica en la fabricación de pinturas. Sin embargo, también puede emplearse como colorante de bar-

nices o barbotinas para impartir tonos ante, café o rojo ladrillo.

Opax. El opax es un opacificante comercial con la siguiente composición:

	%		%
ZrO ₂	90.84	Na ₂ O	1.11
SiO ₂	6.48	Al ₂ O ₃	0.91

El opax no tiene el poder de opacificación del óxido de estaño, pero es considerablemente más económico y por esta razón se suele usar con frecuencia para sustituir parte del óxido de estaño en los barnices.

Oxido antimonioso (Sb₂O₃). Es venenoso y ligeramente soluble en agua. Para resultados satisfactorios como opacificante, debe emplearse en barnices de maduración inferior a cono 1. El antimonio se usa también para producir colores amarillos y naranjas en los barnices. La mezcla más común, conocida como *base amarilla*, tiene la siguiente composición:

Mimo	15
Oxido de antimonio	10
Oxido de estaño	4

Esta mezcla se calcina a cono 09, se muele y se lava.

Oxido crómico (Cr₂O₃). Junto con otros compuestos de cromo, se usa en los barnices para producir colores verdes. Se prefieren los dicromatos debido a que contienen mayor cantidad de cromo en peso. Se deben tomar precauciones en la composición del barniz, pues cuando se combina con estaño se obtiene un color rosa. El zinc forma un café y en los barnices de alto plomo puede desarrollar un cromato de plomo amarillo. Las condiciones reductoras en el horno ennegrecen el color. De hecho, incluso las piezas cercanas barnizadas con composiciones de estaño y de cromo pueden afectarse dentro del horno. Se pueden producir rojos brillantes de baja temperatura (por debajo de cono 010) con óxido de cromo, en un barniz de alto plomo y baja alúmina.

Oxido de cobalto (Co₂O₃). Es el principal colorante azul. Es muy intenso y, por consiguiente, se suele fritar con alúmina y cal o con plomo para colores lajolarниз de baja temperatura. La fritá permite una dispersión más uniforme del color y la obtención de tonos más claros. Los colores cerámicos hechos a base cobalto, alúmina y zinc, son estables a cualquier temperatura. Con una pequeña cantidad de MgO, SiO₂ y B₂O₃, se producen una gran variedad de tonos rosa y lavanda.

Oxido de cobre. Este material puede ser (1) óxido negro de cobre o cúprico (CuO), o (2) óxido rojo de cobre o cuproso (Cu₂O). La adición de 2% o más de cobre disminuye notablemente la resistencia ácida de un barniz de plomo. Los fundentes de plomo tienden a producir un verde negruzco. Cuando se usan cobre y estaño con un fundente alcalino, se obtiene un color turquesa. El potasio induce un verde amarillento, mientras que el zinc y el cobre con fundentes de sodio, potasio y bario, desarrollan un tono azul.

Oxido de estaño (SnO₂). También llamado *óxido estannico*, es el más efectivo de los opacificantes. En cantidades de 5 a 7% produce un barniz blanco completamente opaco. Un exceso crea una superficie sin brillo. El estaño también es un ingrediente importante de pigmentos, y produce efectos especiales sobre las características de color de la mayoría de los óxidos colorantes. Debido a su precio relativamente alto, el estaño se sustituye por otros opacificantes en muchos barnices (véase Opacificantes).

Oxido de hierro. Los óxidos de hierro tienen tres formas: (FeO) *óxido ferroso* (Fe₂O₃) *óxido férrico* o hematita y (Fe₃O₄) *óxido ferroso-férrico* o magnetita. El óxido de hierro es el ingrediente más común para producir colores crema o café en cueros y barnices. Si no fuera por su fuerte acción colorante, tendría muchas aplicaciones como fundente. Es la causa de las características de quemado a baja temperatura y de color de las arcillas rojas. Se puede obtener un color rosa con una pequeña cantidad de hierro más alúmina, calcio y sílice. Cuando se re-

duce en un barniz adecuado, el hierro forma verdes grisáceos (véase Celadonita)

Oxido de manganeso (MnO_2). Se usa en cerámica como colorante. No debe emplearse en concentraciones superiores al 5% ni en cuerpos ni en barnices, pues puede formar ampollas. Los colores que se obtienen son tonos café. Con el cobalto se produce un negro; con fundentes alcalinos apropiados se pueden obtener tonos rojizos y púrpuras. Cuando se fritó con alúmina, se forma un colorante rosado.

Oxido de níquel. Se usa en dos formas, (NiO) *óxido verde de níquel* o *niqueloso* y (Ni_2O_3) *óxido negro de níquel* o *niquelico*. La función del níquel en un barniz está limitada casi exclusivamente a su acción colorante. Dependiendo del fundente empleado y de la proporción de alúmina, se pueden obtener varios colores: con zinc es azul; con cal se produce un color ante; con bario se produce un café y con magnesio un verde. Ninguno de estos tonos es altamente brillante. En general, el níquel se utiliza para modificar a otros óxidos colorantes. Además, el uso de 5-10% de níquel en un barniz apropiado, da como resultado la formación de una estructura cristalina.

Oxido de plomo. Este óxido se usa en la cerámica en dos formas: (PbO) también llamado *litargirio o greta* y (Pb_2O_3), conocido como *plomo rojo o minio*. El litargirio es un polvo amarillo que, como ocasionalmente contiene impurezas y está formado por partículas de mayor tamaño que el carbonato, éste resulta preferible. Debido a su mayor proporción de oxígeno, la forma roja tiene ventajas sobre el litargirio. Los grados cerámicos de plomo rojo rara vez son puros, pues por lo general son 75% de minio y 25% litargirio. Kilo por kilo, el plomo rojo contiene más PbO que el carbonato.

Oxido de praseodimio (Pr_2O_3). Es un óxido negro proveniente de compuestos de tierras raras y forma colores amarillos. Por lo general se combina con óxidos de zirconio y sílice para formar un pigmento que es estable en un amplio intervalo de temperaturas.

Oxido de titanio (TiO_2). El nombre correcto es *dióxido de titanio* y es un opacificante que se usa solo o en una fritá. Al igual que el rutilo, que es una forma impura que contiene hierro, el óxido de titanio tiende a producir texturas semimatas.

Oxido de uranio [U_2O_5 (negro)]. Es un despendido del combustible nuclear, que se usa como colorante amarillo en barnices de plomo de baja temperatura. Otras formas del uranio, tales como el uranato de sodio [$Na_2O \cdot UO_2$ (naranja)] y el diuranato de sodio (amarillo), son más efectivas como pigmentos. La adición de 5% de óxido de estaño ayuda a la formación del color, mientras que las condiciones reductoras son desfavorables. Los pigmentos de estaño-vanadio, zirconio-vanadio y zirconio-praseodimio, tienen mayor flexibilidad y no implican un peligro de radiación, por lo cual son los preferidos en la cerámica.

Oxido de zinc (ZnO). Es un compuesto difícil de clasificar. A temperaturas altas es un fundente poderoso. Cuando se usa en exceso en un barniz bajo en alúmina y se enfría lentamente, el zinc produce estructuras cristalinas. Se puede obtener opacidad cuando se emplea zinc en un barniz de bajo calcio y alta alúmina, sin fundentes de borosilicato, a como 1 o más, en cantidades de 0.15 equivalente. En general, el zinc aumenta el intervalo de maduración de un barniz y promueve el desarrollo de un mejor brillo, colores más brillantes, disminución de la expansión y, en ciertas condiciones, aumenta la opacidad.

Oxido de zirconio (ZrO_2). Pocas veces se usa solo como opacificante cerámico, pues por lo general se combina con otros óxidos para formar un silicato, que es más estable. A continuación se listan algunos silicatos de zirconio comerciales. Ninguno tiene el poder del óxido de estaño, pero son considerablemente más económicos.

Silicato de calcio y zirconio: 51.12% ZrO_2 , 25.41% SiO_2 , y 22.23% CaO

Silicato de magnesio y zirconio: 53.75% ZrO_2 , 29.92% SiO_2 , y 18.54% MgO

Silicato de zinc y zirconio: 45.78% ZrO_2 , 23.08% SiO_2 , y 30.52% ZnO

Espinel de titanio: 39.94% ZrO_2 , 25.25% SiO_2 , 19.47% ZrO_2 y 19.41% Al_2O_3 .

La mayoría de estos compuestos se usan en combinación con otros opacificantes, tales como compuestos de estaño o de titanio (véase también Opax y Zitecopax).

Oxido férrico (véase Oxido de hierro).

Oxido ferroso (véase Oxido de hierro).

Pedernal (SiO_2). También se le llama sílice o cuarzo. Se obtiene por lo general de piedra arenisca, arena o piedra de pedernal. El verdadero pedernal se obtiene en Inglaterra, Francia y Dinamarca. Se prepara calcinando y triturando piedras de playa de pedernal. Este pedernal criptocristalino tiene un peso específico diferente (2.33) del que se prepara de arena de cuarzo o piedra arenisca (2.65). Los nombres pedernal o cuarzo se usan indistintamente aunque en castellano el segundo es más común. La diferencia entre las dos formas es muy pequeña. La sílice de pedernal reacciona un poco más rápidamente en el barniz. El peso específico sólo tiene importancia cuando se usa en barbotinas de vaciado.

Cuando se usa sola, la sílice funde a la muy alta temperatura de 3119°F (1649°C) y forma un cristal sumamente duro y estable. Sin embargo, al calentarse se combina con diferentes fundentes a temperaturas mucho más bajas para formar un vidrio, y con los compuestos de aluminio para formar la estructura refractaria de un cuerpo. Un aumento del contenido de sílice de un barniz tiene el efecto de elevar las temperaturas de maduración, así como de aumentar su dureza y resistencia al desgaste. En un barniz, la adición de sílice disminuye la expansión térmica; en un cuerpo la aumenta.

Pentóxido de vanadio (V_2O_5). Es un colorante amarillo bastante débil cuando se usa solo. Cuando se combina en proporción adecuada con estaño, produce un color amarillo intenso. Este colorante, conocido comercialmente como estaño-vanadio, ha reemplazado casi por completo a los amarillos de uranio, los cuales son ya muy

raros. Tiene un intervalo de quemado amplio (cono 06-14), es transparente y no se afecta en atmósferas de reducción.*

Petalita ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8 SiO_2$). Es un silicoaluminato de litio, usado principalmente como fundente auxiliar para cuerpos, para reducir la expansión térmica y aumentar la resistencia al choque térmico. Aproximadamente a cono 06 se transforma en beta espadumeno, que casi no sufre cambios de volumen cuando se calienta o se enfría. Es una fuente de litio y sílice para barnices de temperatura alta o intermedia.

Piedra de Carolina. Es similar a la piedra de Cornwall.

Piedra de Cornwall. Es una mezcla compleja derivada de un depósito inglés de roca granítica parcialmente descompuesta. Está constituida por cuarzo (pedernal), feldespatos, lepidolita, turmalina, espatoflúor y pequeñas cantidades de otros minerales. La piedra de Cornwall tiene características intermedias entre las del caolín y el feldespato. Es un ingrediente importante de muchos cuerpos y barnices ingleses y está sujeto a menores esfuerzos durante el quemado que el caolín o el feldespato. Debido a la mezcla más homogénea que existe en los minerales naturales, se necesita menor cantidad de fundente alcalino que la que sería necesaria con otros materiales. Puesto que el material es más compacto que una mezcla, presenta menos encogimiento tanto al secado como al quemado y los defectos del barniz se reducen al mínimo. La piedra de Cornwall es similar al *petuntze*, la roca feldespática pulverizada empleada durante siglos por los chinos, como ingrediente principal de sus cuerpos y barnices de porcelana. Al igual que los feldespatos, la piedra de Cornwall tiene composición variable; las partidas pueden diferir en los porcentajes de sílice, potasio y sodio. Cuando no se dispone de piedra de Cornwall, cada 100 partes de la misma se pueden sustituir por 67 partes de feldespato, 22 partes de sílice y 11 partes de

*Las combinaciones de conos con diamantes también producen que algunos amarillos, aunque menos brillantes, y dependiendo de los porcentajes relativos de colorantes también exhiben colores.

caolín. Sin embargo, como ya se señaló, el barniz no será idéntico.

Existe en Estados Unidos un material similar a la piedra de Cornwall, llamado piedra de Carolina, pero no es tan común. Los análisis de ambos materiales muestran composiciones casi idénticas.

	Piedra de Cornwall %	Piedra de Carolina %
SiO ₂	72.6	72.30
Al ₂ O ₃	16.1	16.23
Fe ₂ O ₃	0.23	0.07
CaO	1.4	0.62
MgO	0.1	trazas
K ₂ O	4.56	4.42
Na ₂ O	3.67	4.14
CaF ₂		
TiO ₂	0.06	
Pérdida por calcinación	2.54	1.06

Fórmula de una muestra de piedra de Cornwall

0.185	CaO	1.162	Al ₂ O ₃	8.95	SiO ₂
0.359	K ₂ O	0.0106	Fe ₂ O ₃	0.0055	TiO ₂
0.437	Na ₂ O			732.57	
0.0185	MgO				

Pirofilita (Al₂O₃ · 4 SiO₂ · H₂O). Se usa principalmente en cuerpos para azulejo, en los cuales disminuye la expansión térmica y reduce el cuarteo y la expansión húmeda a los que está sujeto el azulejo. Como es un material que no es plástico, su uso en cuerpos de alfarería está limitado.

Plomo blanco (véase Carbonato de plomo).

Rutilo (TiO₂). Es un óxido de titanio impuro que contiene pequeñas cantidades de hierro y vanadio. Se usa como pigmento ante.

Sal de Epsom (véase Sulfato de magnesio).

Selenio (Se). Se usa principalmente como colorante para vidrio. Tiene usos limitados en barnices cerámicos y colores sobrebarniz, principalmente en forma de compuestos rojos de cadmio-selenio. Por desgracia, estos compuestos son inestables a temperaturas altas.

Sianita nefelinica (K₂O · 3 Na₂O · 4 Al₂O₃ · 9 SiO₂). Se trata de un material aproximadamente similar al feldespato, que tiene la siguiente composición:

	%
SiO ₂	60.4
Al ₂ O ₃	23.6
Fe ₂ O ₃	0.08
CaO	0.7
MgO	0.1
Na ₂ O	9.8
K ₂ O	4.7
Pérdida por calcinación	0.7

Fórmula molecular

Na ₂ O	0.713	Al ₂ O ₃	1.04
K ₂ O	0.220		
CaO	0.056	SiO ₂	4.53
MgO	0.011		

Peso molecular 447

Uno de los principales usos de la sianita nefelinica es como sustituto del feldespato potásico para disminuir las temperaturas de maduración. También produce un intervalo de quemado más amplio y aumenta la expansión térmica, lo que a su vez, disminuye la tendencia del barniz al cuarteo. Su uso en barnices es muy similar al del feldespato potásico, excepto que disminuye el punto de fusión.

Silemanita. (Al₂O₃ · SiO₂). Es similar en muchos aspectos a la Kianita. Sus principales usos son para la fabricación de cuerpos refractarios de alta temperatura.

Guía para el uso de colorantes

Color	Oxido	%	Temperatura	Atmósfera
Negro				
{	cobalto	1-2	cualquiera	cualquiera
	manganeso	2-4		
{	cobalto	1	cualquiera	cualquiera
	hierro	8		
	manganeso	3		
Azul				
	cobalto	1/2-1	cualquiera	cualquiera
	turquesa de cobre (fundente alcalino)	3-5	baja	oxidante
	azul de níquel (con zinc)	1-3	baja	oxidante
Café				
	rutilo	5	cualquiera	reductora
	eromo (con MgO, ZnO)	2-5	baja	cualquiera
	hierro	3-7	cualquiera	oxidante
	manganeso	5	cualquiera	cualquiera
	níquel (con zinc)	2-4	cualquiera	cualquiera
Verde				
	óxido de cobre	1-5	cualquiera	oxidante
	verde grisáceo de hierro	1-4	cualquiera	reductora
	níquel magnesio	3-5	baja	oxidante
Rojo				
	rojo de cromo-estaño (1 a 18)	5	cualquiera	oxidante
	coral de cromo (con alto PbO)	5	baja	oxidante
	púrpura de manganeso (con KNaO)	4-6	cualquiera	oxidante
	cobre	1	cualquiera	reductora
	hierro (altos SiO ₂ , KNaO), CaO	2-5	baja	oxidante
Café claro				
	hierro	2	cualquiera	cualquiera
	manganeso	2	cualquiera	cualquiera
	rutilo	2	cualquiera	cualquiera
Amarillo				
	colorante de antimonio (con alto PbO)	3-5	baja	cualquiera
	colorante de praseodimio	4-6	cualquiera	cualquiera
	amarillo o naranja de uranio (con alto PbO)	5-8	baja	oxidante
	colorante de zirconio-vanadio	5-10	cualquiera	cualquiera
	colorante de estaño-vanadio	4-6	cualquiera	cualquiera

Silicato de calcio y zirconio Este compuesto es un opacificante comercial con la composición ZrO_2 , 51.12%; SiO_2 , 25.41%; CaO , 22.23%. No tiene el poder opacificante del estaño, pero es menos costoso. Reduce ligeramente las temperaturas de maduración de los barnices de baja temperatura.

Silicato de plomo El silicato de plomo es una frita de plomo y sílice que evita los efectos tóxicos de los compuestos de plomo. Los dos tipos más comunes son: *monosilicato de plomo*, con una composición de 15% SiO_2 y 85% PbO y el *bisilicato de plomo*, con 65% PbO , 34% SiO_2 , y 1% Al_2O_3 .

Silicato de plomo hidratado [$2PbSiO_3 \cdot Pb(OH)_2$]. Este compuesto tiene un peso molecular de 807. Este material es el silicato básico del plomo blanco. Se emplea como sustituto del carbonato de plomo cuando el CO_2 que éste desprende forma puntos de alfiler o no es conveniente por otras razones en el barniz.

Silicato de sodio ($Na_2 \cdot XSiO_3$). Es un compuesto que puede variar desde $1 Na_2O \cdot 1.6 SiO_2$ a $1 Na_2O \cdot 3.75$. Por lo general se usa en forma líquida y es el principal defloculante para pastas de barbotina. Al igual que las cenizas de sosa, reduce notablemente el agua requerida para que la arcilla forme una buena barbotina. Con esto disminuye el encogimiento, los esfuerzos del secado y las roturas de las piezas antes de quemar.

Sílice (véase Pedernal).

Subnitrate de bismuto ($BiONO_3 \cdot H_2O$). Por lo general contiene impurezas como carbonatos de arsénico, plomo y plata. Funde a baja temperatura y se usa principalmente para producir lustres metálicos aperlados en condiciones reductoras (véase la sección de Barnices de lustres).

Sulfato de cobalto ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$). A diferencia de los otros compuestos de cobalto mencionados, es muy soluble en agua. Funde a baja temperatura y se usa principalmente en trabajos decorativos o en lustres.

Sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). También se conoce con el nombre de *sal de epsom*. Su principal uso en barnices consiste en retardar la sedimentación de fitas y materiales no plásticos. Por lo general, 1% disuelto en agua caliente, es suficiente sin que afecte el barniz.

Sulfuro de cadmio (CdS). Es un colorante amarillo de baja temperatura. También produce rojos combinado en un pigmento de cadmio, selenio y azufre. Desgraciadamente, tiende a desaparecer por encima de cono 08 y sólo puede usarse para decoraciones sobrebarniz.

Sulfuro de plomo (PbS). También llamado *galena*, es un polvo negro que constituye la fuente original de todos los compuestos de plomo. Su uso en barnices es muy limitado.

Talco (Varía desde $3 MgO \cdot 4 SiO_2 \cdot H_2O$, a $4 MgO \cdot 5 SiO_2 \cdot H_2O$). En su forma sólida y más impura, también se le llama *esteatita* o *piedra jabonosa*. El talco se usa ocasionalmente en barnices, pero se emplea con más frecuencia como ingrediente principal en cuerpos blancos quemados a temperaturas moderadas (conos 04-6). Al igual que la dolomita, se utiliza para reducir las temperaturas de quemado del caolin, arcillas de bola y feldspatos, que suelen ser los otros ingredientes de la pasta. El talco produce una ligera opacidad en los barnices.

Uranato de sodio ($Na_2O \cdot UO_2$). También llamado *amarillo de uranio*, es desgraciadamente un material que no se puede usar en cerámica debido a las restricciones derivadas de su uso como material nuclear. Sin embargo, en Europa todavía existen amarillos de uranio y hasta hace poco, los compuestos de uranio eran la mejor fuente de colorantes amarillos. Cuando los compuestos de uranio se combinan con diversos fundentes o con óxido de estaño o de zirconio, se obtienen tonos que van desde el amarillo brillante hasta el naranja y el rojo rubí (véase también Óxido de uranio).

Vitrox plástico ($1 RO \cdot 1.69 Al_2O_3 \cdot 14.64 SiO_2$). Es un mineral complejo que se extrae en California y se usa tanto en fórmulas de barnices

como de cuerpos, como fuente de sílice, alúmina y potasio. Es similar a la piedra de Cornwall y al feldespato potásico.

Wolastonita (CaCO₃). Este material es un silicato de calcio natural. Como sustituto del cuarzo y el carbonato de calcio, reduce el encogimiento al quemado y mejora el choque térmico, y se usa tanto en cuerpos como en barnices.

Zircopax. Es un opacificante comercial con una composición de 64.88% ZrO₂, 0.22% TiO₂, y 34.28% SiO₂.

Colorantes para Barnices y Decoración

Oxidos colorantes

La mayor parte de los ceramistas obtienen los colorantes para barniz a partir de óxidos o carbonatos de los metales más comunes tales como hierro, cobre, níquel, estaño, zinc y manganeso. Otros óxidos, como los de vanadio y cobalto, aunque son más raros y costosos también tienen muchas aplicaciones por la falta de sustitutos más baratos. En secciones anteriores se han discutido casi todos estos compuestos. La lista de los principales colorantes que se incluye en esta sección, indica el óxido necesario y la cantidad usualmente empleada para producir un cierto color. Sin embargo, si un color se incluye como verde, ello no quiere decir que vaya a resultar verde en todos los casos. Un estudio de la sección de materiales cerámicos revela

que, por lo general, el color que desarrolla un óxido depende del tipo de fundente usado, de las proporciones de alúmina o sílice y de la temperatura del horno. En algunos casos influye también la velocidad de enfriamiento del barniz. Por lo tanto, la lista de óxidos y colorantes de la Pág. 240 constituye una simple referencia para determinar las posibilidades de color. Antes de usar el óxido, el ceramista debe estar consciente de sus características y de las del barniz al que se va a adicionar.

Es muy común emplear dos o más colorantes para modificar algunos colores demasiado duros y obtener variaciones sutiles o efectos moteados. Para modificar los tonos azules fuertes del cobalto se suele añadir cobre y níquel. Los opacificantes se emplean para obtener tonos pastel. El rutilo es una adición común, pues produce características de moteado y de fluidez así como de acabados mate.

Opacificantes

Los opacificantes son, en su mayor parte, un grupo de productos químicos relativamente insolubles en el barniz durante el quemado. El óxido de estaño y el óxido de zirconio son los principales ejemplos. Estos compuestos permanecen en suspensión en el barniz y, cuando son suficientemente densos, evitan que la luz penetre hasta el cuerpo. La mayoría de los opacificantes principalmente los de más valor, son de color blanco. Sin embargo, algunos producen tonos pálidos de amarillo, rosa, o azul en el barniz.

Opacificantes

Color	Oxido	%	Temperatura	Atmósfera
Blanco puro	estaño	5	cualquiera	cualquiera
Blanco azulado	titanio	8-12	cualquiera	cualquiera
Blanco	zirconio	8-12	cualquiera	cualquiera
Blanco amarillento	antimonio	10-12	baja	oxidante
Blanco	opax, zircopax,	10		
(Opacificantes comerciales)	ultrox, superpax, opamex	10	cualquiera	cualquiera

Otro tipo de opacificante es el titanio (o el zinc en ciertas condiciones), que tiende a formar pequeñas estructuras cristalinas dentro del barniz. Como tiene un índice de refracción diferente del de la masa vítrea del barniz, sus partículas evitan la penetración de la luz. Este es el tipo de formación de cristales asociado con los barnices mates. Esta es también la razón por la cual los barnices mates deben ser parcial o totalmente opacos.

Colorantes de espinel

Bajo ciertas circunstancias, el uso de un óxido colorante crudo puede ser inadecuado. Por ejemplo, la mayoría de los óxidos metálicos son bastante solubles en el barniz fundido. En la sección anterior se hizo notar que los fundentes y otros elementos del barniz tienen un efecto considerable sobre las cualidades del color. Es imposible efectuar decoraciones bajo y sobre barniz con precisión y control con colorantes que se disuenden o fluyen en el barniz. En estos casos, se utiliza un colorante de tipo especial llamado espinel.

Un colorante de espinel es un cristal colorido altamente resistente al ataque de los fundentes del barniz y a los efectos de las altas temperaturas. En términos químicos, un *espinel* corresponde al mineral aluminato de magnesio ($MgO \cdot Al_2O_3$). Sin embargo, el manganeso, el hierro y el cromo pueden sustituir al magnesio. El cristal es un octaedro de gran dureza. Las piedras de rubí son espíneles rojos. Al calcinar ciertas mezclas de óxidos se pueden obtener algunos espíneles muy estables. En general, su fórmula corresponde a $RO \cdot R_2O_3$. El miembro RO puede ser MgO , ZnO , NiO , CaO , CdO , MnO , o FeO , y el R_2O_3 puede ser Cr_2O_3 , Al_2O_3 , o Fe_2O_3 .

La preparación de un colorante de espinel es un procedimiento largo y no es recomendable para el ceramista, excepto como trabajo experimental avanzado. Existe una amplia variedad de colorantes comerciales, preparados con gran experiencia y que se venden a precios razonables. Sin embargo, es conveniente tener una idea del método general de preparación. En los textos de referencia del Apéndice puede encontrarse bastante información detallada.

Es indispensable que los materiales empleados se mezclen completamente. Para este fin primero se hacen pasar a través de una malla 80. Es preferible que estén en forma de sales solubles, esto es, como nitratos o sulfatos de los óxidos considerados, pues resulta más fácil mezclarlos en solución acuosa. Después de evaporar el agua, la mezcla seca se coloca en un crisol o en un horno y se calcina. La temperatura depende de la mezcla. Si ésta funde formando una masa sólida al enfriar, debe calcinarse en un horno de crisoles, de tal manera que éstos puedan retirarse con pinzas y se pueda verter el contenido sobre agua, con lo cual se evita que el espinel forme un bloque cristalino sólido. Después, el material se rompe con un mortero de hierro para obtener terrones gruesos que puedan pulverizarse con un molino de bolas. Para un color uniforme sin manchas moteadas, el tamaño de las partículas del espinel debe ser muy bajo y esto puede requerir una mollienda en un molino de bolas durante muchas horas. Cuando ya está suficientemente fino, el colorante debe lavarse varias veces con agua caliente para eliminar las sales solubles presentes. En esta parte del proceso puede ser necesario emplear filtros para evitar pérdidas de las partículas muy finas.

Otros colorantes

Además de los espíneles, existen otros compuestos que se calcinan para producir colorantes estables a ciertas temperaturas. Una descripción de algunos de los más conocidos puede servir para ilustrar las numerosas posibilidades de preparación de colorantes.

Un azul ultramarino puede formarse con un silicato de cobalto. Se prepara calcinando óxido de cobalto y púberna con un fundente como el feldespato.

Los colorantes verdes pueden obtenerse molliendo espatofluor y óxidos de cromo.

Los colorantes amarillos, tales como el amarillo de Nápoles y los amarillos básicos, se preparan a partir de antimonio, plomo y estaño. También se puede usar uranato de calcio y sollo

cuando se dispone de este material, para formar diversos tonos de amarillos y naranjas.

Los colorantes rosas y rojos se preparan con diversos métodos. Uno de los más especiales es la precipitación de oro coloidal sobre caolín, para después calcinar y moler para obtener el colorante. Otros colorantes rojos se obtienen con una mezcla de estaño, calcio, pedernal y cromo. (Para mayor información y detalles específicos, consúltense los textos de Parmelee y Norton y la referencia de *Literature Abstracts of Ceramic Glazes*

Colores bajobarniz

Los colores bajobarniz se mencionaron ya brevemente en la sección de decoración

Como el término lo indica, son colorantes que se usan debajo del barniz. Puesto que se hornean a la misma temperatura de éste, la variedad de colores disponibles es menor que en los sobrebarnices. Por ejemplo, en el intervalo de la porcelana dura de cono 14, casi todos, si no es que todos, los tonos delicados que se pueden obtener con sobrebarnices, desaparecen por completo durante el quemado. Esto hace que sólo estén disponibles a estas temperaturas los azules, café, grises, rosas de oro, rojos de reducción y tonos de celadonita. Antes de intentar un trabajo de decoración a estas altas temperaturas, es recomendable llevar a cabo una serie de pruebas de quemado. La razón principal para el uso de bajobarnices en lugar de sobrebarnices es la durabilidad. Su uso primordial es en la fabricación de vajillas.

Los bajobarnices están constituidos por un colorante, ya sea un óxido cromo o un espinel, un fundente como el feldespato, para que se adhiera el cuerpo y un diluyente como sílice, caolín calcinado o bizcocho molido. El objeto de estos últimos materiales es el de aligerar el color y balancear el encogimiento. Es muy importante que la mezcla se ajuste apropiadamente al cuerpo sancochado y al barniz final. La superficie barnizada no debe mostrar cambios de brillo en las zonas de la decoración. Es conveniente efectuar un quemado preliminar a temperatura de

rojo oscuro para quemar el vehículo empleado para adherir la mezcla, que puede ser una solución de goma de tragacanto o aceite de lavanda diluido con turpentina. Si no se llega a eliminar el carbón formado por el aglutinante adherente, se podrán producir burbujas y recogimientos del barniz sobre las áreas decoradas.

Colorantes sobrebarniz

Las principales diferencias entre los colorantes sobrebarniz y los de bajobarniz, son el uso de un fundente de temperatura más baja y la posibilidad de una paleta de colores más amplia para los colorantes sobrebarniz. Puesto que la decoración se aplica a un barniz ya horneado, el quemado final sólo tiene que ser suficiente para lograr la fusión del fundente y que se adhiera el sobrebarniz. Esto se lleva al cabo por lo general a cono 016 aproximadamente 1470°F (799°C). El fundente se prepara con diferentes proporciones de plomo, bórax y pedernal, dependiendo del color que se vaya a usar. La mezcla se calcina ligeramente, se muele y se lava. Se añade entonces el colorante y, si es necesario, el opacificante, y la mezcla total se muele en un molino de bolas, hasta la finura adecuada. Se emplea un vehículo como goma o aceite para que la mezcla se adhiera a la superficie barnizada. En la producción comercial, donde la decoración es rutinaria, se utilizan métodos de impresión. Los colores de ambos tipos de decoración se aplican con calcemánias o con mallas de seda.

Lustres

Puesto que los lustres son más una decoración que un barniz, se incluyen en esta sección de materiales para decoración. Tal como se mencionó en el estudio de los tipos de barniz

un lustre es simplemente una capa delgada de un metal que se deposita y se funde sobre la superficie del barniz. Existen diversos métodos para lograr esto, y a continuación se describen algunos de ellos. Un lustre puede producir diversos efectos, dependiendo de la transparencia o del color de la composición y del tipo de barniz sobre el cual se aplique. En las piezas persas e hispano-moriscas, se combinan muy

agradablemente con la decoración bajobarniz. De hecho, en realidad los lustres resaltan al máximo cuando se utilizan para enriquecer otros tipos de decoración. Si se usan solos como cubierta total, tienden a parecer como una imitación burda de vidrio o metal. Los colores disponibles en los lustres son: transparente iridiscente, blanco plateado nacarado y tonos metálicos en amarillo, verde, café o rojo.

La preparación de los lustres varía de acuerdo con el método de quemado que se vaya a emplear. Existen tres tipos de preparación:

1. Sobre la pieza barnizada se aplica con brocha una mezcla de una resina, aceite de lavanda y una sal metálica. Después la pieza se quema en un horno oxidante a una temperatura baja entre 1100° y 1300°F (593°-704°C), en cuyo punto el carbón de la resina reduce la sal metálica al metal. La mayoría de los lustres contienen nitrato de bismuto, fundente muy activo, así como otras sales metálicas. Este compuesto se usa en combinación con acetato de zinc, acetato de plomo y alúmina, para producir un lustre transparente e iridiscente. Los diversos metales colorantes se emplean siempre en forma de una sal que se descompone a temperaturas inferiores a la necesaria para la formación del lustre. Los amarillos se hacen con alumbre de cromo y nitrato de bismuto. El nitrato de níquel, el sulfato de cobalto, el sulfato de manganeso y el cloruro de hierro, producen una gama de cafés desde el amarillento hasta el rojo. El nitrato de uranio, cuando existe disponible, desarrolla un amarillo verdoso. El oro se usa para producir tonos rojos y el platino para lustres plateados. Se emplean muchas combinaciones de estos colorantes y los resultados son muy diversos, dependiendo en parte del barniz básico y del quemado. En general, la mezcla del lustre consiste en 1 parte de sal metálica, 3-5 partes de resina, y 7-10 partes de aceite de lavanda. La resina, que por lo general es goma de damar se calienta, y cuando se ha licuado se añade el nitrato o el cloruro. Al disolverse el nitrato se vierte lentamente el aceite. La solución se filtra o se enfila y se decanta. Los experimentos de *Literature Abstracts of Ceramic Glazes* pueden servir de guía para algunas fórmulas.

2. El método anterior es uno de los más comunes en la actualidad para producir lustres. Existe otro tipo de técnica que es similar a la que empleaban hace muchos siglos los ceramistas egipcios e islámicos, aunque poco se usa hoy en día. Las civilizaciones antiguas desarrollaron los lustres y los llevaron a un alto nivel de mérito artístico. La principal diferencia entre este método y el ya descrito, es que se basa en un quemado de reducción para obtener la capa metálica, en lugar de incluir un agente reductor con la resina. La mezcla que se aplica sobre las piezas barnizadas consta de 3 partes de metal, por lo general en forma de carbonato, 7 partes de ocre rojo y un aglutinante tal como goma de tragacanto. Las recetas antiguas incluyen vino y almagre, pero no cabe duda que la goma es más eficiente. En el ciclo de quemado, la atmósfera es oxidante hasta llegar a un rojo oscuro, punto en el que se inicia la reducción, que se mantiene hasta alcanzar la temperatura necesaria para reducir el metal, usualmente 1200° a 1300°F (649-704°C).

3. El tercer método para lustres tampoco es muy común, aunque en algunos casos ocurre por accidente. El color se incorpora en el barniz, de preferencia en forma de una sal metálica. Se pueden usar diversas combinaciones en proporciones que van desde 0.5 hasta 8% del barniz total. Como en el tipo de resinato, el uso de bismuto, además de las otras sales metálicas, ayuda al desarrollo del lustre. El horno se usa con atmósfera oxidante hasta el punto de madurez del barniz, y después se enfría hasta 1200°-1300°F (649-704°C). Al llegar a este punto se vuelve a encender el horno durante 15 minutos con una atmósfera reductora. Se deben mantener registros precisos de las quemadas de reducción, pues las variaciones de temperatura y de los periodos de reducción producen resultados diferentes.

Aglutinantes

Existen varios materiales que se pueden añadir a un cuerpo de arcilla o a un barniz para aumentar la resistencia de la forma cerámica en verde, esto es, cuando solamente está seca, para incrementar la adhesión del barniz y para redu-

cir las averías de la delicada capa de barniz al cargar el horno. Los diversos aglutinantes y ceras que se usan en la producción industrial para aumentar la resistencia del cuerpo, no son realmente necesarias para el taller ceramista, pues los cuerpos de arcilla plástica que se suelen usar son adecuados en este respecto.

Arcilla

Si el barniz contiene un 10% de caolín, no es necesario agregar aglutinantes adicionales. Sin embargo, si el contenido de arcilla es bajo, la inclusión de aproximadamente 3% de bentonita aumenta la adhesión. Esta deberá mezclarse con los ingredientes secos.

Gomas

Tradicionalmente, los aglutinantes para el barniz son goma arábiga o goma de tragacanto. Los cristales granulares de goma se remojan con agua durante todo un día y se agitan vigorosamente al siguiente. Con unos 8 gramos de goma se puede obtener aproximadamente un litro de aglutinante mucilaginoso. Se necesitan un par de gotas de ácido carbólico para evitar la descomposición. Por

lo general, es suficiente agregar una o dos cucharadas de esta solución por litro de esmalte.

Methodcel

El methodcel es un compuesto sintético de metilcelulosa que no se deteriora como les sucede a las gomas, y que también actúa como agente para evitar la sedimentación. Este último problema aparece con bastante frecuencia cuando se usa coque. En general, de 1 a 2% de methodcel en base al peso seco es suficiente. Sin embargo, no se debe intentar añadir el polvo seco a un barniz líquido, sino que el polvo debe hervirse en agua, dejándolo reposar toda la noche y después verter esta solución gelatinosa sobre más agua caliente. Cuando el methodcel está completamente disuelto, puede añadirse al barniz mezclando con un mezclador eléctrico.

Aglutinantes temporales

En una solución de emergencia, el azúcar, la miel o la harina de trigo pueden servir como aglutinantes. Claro está que estos materiales fermentan y ninguno tiene la acción defloculante del methodcel.

DECORACION APLICACION DE LOS MATERIALES COLORANTES

Es de diversas maneras que el material que cubrirá la pasta de la pieza puede ser aplicado. Las técnicas más comunes son la inmersión, el vertido, la aspersión, la aplicación con brocha o pincel, según sea el tipo de decorado o el dibujo ornamental con que se decore la pieza, y la impresión con técnicas de serigrafía o la aplicación de calcomanías.

Como hemos leído en los textos previos, la mezcla de técnicas de decorado es posible. Así mismo, la pasta utilizada y las temperaturas de cocción determinarán el tipo de decoración, y sin duda el gusto y la función aplicadas al objeto creado determinarán el modo, los materiales y las técnicas de aplicar las cubiertas colorantes -incluidas en éstas, los esmaltes transparentes, los engobes diversos y cualquier material adicionado a la cubierta de la pasta-.

Algunas observaciones generales son las siguientes:

La aplicación de calcas y la serigrafía son procesos muy comunes en la industria; de este modo se decoran la mayoría de los productos comerciales que conocemos. La técnica es similar a la aplicación sobre papel u otros materiales; la ilustración se transfiere al lugar de la pieza escogido y luego del horneado, la ilustración queda firmemente adherida a la pieza dando la apariencia de haber sido dibujada a mano. En asas, bordes y piezas de difícil acceso, la transferencia de la ilustración o la aplicación de la serigrafía se hace con herramientas especiales y automáticas frente a las cuales la pieza gira o se acomoda, también en forma automática.

La inmersión se aplica a piezas pequeñas y manipulables. La capa que cubra la pieza ha de ser delgada y pareja en su grosor, lo que se logra introduciendo la pieza rápidamente y con precaución en el esmalte. Se suele hacer a mano o con el auxilio de pinzas y herramientas para sostenerla. Véanse en la página siguiente las notas de Nelson al respecto.

La aspersión se aplica a piezas donde se quiere lograr una textura como de polvillo, producto ésta del uso del aspersor a cierta distancia del objeto (sólo la práctica determina esta distancia). Sin embargo, el uso más difundido de la técnica de aspersión es cuando se quieren decorar piezas grandes que no permiten la manipulación para ser usada la técnica de inmersión. Su aplicación se hace, a diferencia de la inmersión, sobre la pieza aún húmeda; ésta se 'espolvorea' con un baño pulverizado aplicado con pistola de aire, posteriormente se seca la pieza y se lleva al proceso de horneado.

Algunos comentarios relacionados con la práctica académica sobre el proceso de decoración de la cerámica serían los siguientes:

**** Si el proceso de CONFORMACION de un objeto cerámico es importante en el diseño, tal vez el de DECORACION se preste para explorar con mayor creatividad y posibilidades las múltiples diferencias que una misma forma puede ofrecer según la técnica, el proceso y los materiales decorativos utilizados. Esto es, si las determinantes formales, aquellas generalmente unidas a la función y el uso de un objeto de cerámica, son más próximas al proceso de conformación y a las variantes definidas por la utilidad del objeto, el aspecto que producen las cubiertas está más próximo a la estética del objeto y, en consecuencia, a su aceptación cultural y al uso de variantes múltiples, de carácter estético, en el diseño.**

Por esto es necesaria la atención de los profesores del taller de cerámica hacia la práctica intensiva del uso de técnicas diversas y materiales para la decoración de las piezas; de modo que el alumno no centre su tiempo y atención exclusivamente en los aspectos de la forma de una pieza -situación ésta muy común y que absorbe un gran porcentaje del tiempo del estudiante en el curso de cerámica-. Es importante tener presente siempre que una pieza, idéntica en forma y uso, puede ser muy diferente y atractiva con respecto a otra en la que la decoración no haya sido explorada y el diseño sea tan sólo interesante por su configuración y utilidad.

El alumno no debe sólo experimentar en la creación de muestrarios de esmaltes o decoraciones posibles sobre piezas sin sentido utilitario como son las briquetas; debe trabajar con variantes en piezas diseñadas con una utilidad muy definida, investigada y diseñada por el alumno.

Otro aspecto importante, en tanto la investigación y la innovación de técnicas que deben ocupar buena parte de la tarea del diseñador estudiante (y profesional también), es que la aplicación de la decoración, a diferencia de los procesos previos y el posterior, de horneado de la pieza, no implica herramientas y equipos complejos o diversos; no obstante el amplísimo espectro de variables que las substancias pueden dar y la enorme posibilidad de resultados deben ser investigado con los mismos criterios que la innovación técnica: definición de necesidades, de los recursos y posibilidades reales, comprensión de los fundamentos del proceso (mecanismo, técnica, o en este caso, de la razón de las variantes que un material puede proveer), análisis de propuestas y construcción de un equipo, técnica o uso nuevo y alternativo.

En síntesis: el alumno del taller de cerámica debe estudiar y aplicar el mayor número de variantes posibles de una cubierta

decorativa sobre piezas de diseño utilitario. Debe considerar éstas como la fuente básica de creatividad estética y como el proceso más complejo y rico de comprender en la hechura de piezas cerámicas. Esto significa que la decoración, más que la conformación de objetos en la cerámica es, tratándose de artículos domésticos, el proceso donde puede darse respuesta a las inquietudes culturales de una época y una sociedad.

Otro comentario más para completar las ideas previas: Los talleres artesanales, industriales o aquellos de cerámicas de alta temperatura, se distinguen uno y otro por los motivos, el color, la textura y brillo, los dibujos y la mezcla de colores en sus piezas, obtenidos de unas cuantas substancias básicas. Gran parte de ellos usan de materia prima comercial y fórmulas de dominio público; algunos tienen no más de cinco fórmulas exclusivas y varían muy poco sus composiciones de vidriados. Así pues, aunque extenso, el universo posible de cubiertas éste no es difícil de reproducir y adquirir como ejemplos que el taller de la escuela deberá tener para mostrarle a los estudiantes, y así obviar el trabajo de redescubrirlos. De este modo, el estudiante podrá reproducir algunos para certificar la correcta aplicación de fórmulas y procesos, y dedicarse a investigar nuevas fórmulas y, con ellas, colorear sus piezas.

Técnicas de barnizado

El barnizado es un proceso de difícil descripción. Antes de proceder a la operación del barnizado, es necesario tomar algunas precauciones. Si las piezas bizcochadas no se van a barnizar inmediatamente después de sacarlas del horno, se deben almacenar, siempre que sea posible, en un lugar donde no se les acumule polvo y suciedad. Las piezas no deben manejarse con las manos con demasiada frecuencia, pues el sudor de las mismas puede impedir que el barniz quede bien adherido. Antes de barnizar, las piezas bizcochadas deberán limpiarse con una esponja húmeda o lavarse bajo un chorro de agua durante unos segundos, para eliminar el polvo y las partículas de arcilla. La humedad que se absorbe mediante este procedimiento evita que el barniz se deposite en capas demasiado gruesas, con lo cual se dispone de más tiempo para el barnizado. La humedad también ayuda a reducir el número de bolsas de aire y los orificios que se forman cuando el barniz se seca con demasiada rapidez sobre un bizcocho muy poroso. La cantidad de humedad que se requiere depende de la capacidad de absorción de las piezas, de su espesor y de la consistencia del barniz. Cuando se dé el caso de que las piezas se hayan quemado a una temperatura muy superior a cono 010, deberá eliminarse este proceso de humectación. El barniz del borde de la base se debe limpiar hasta una altura de 0.5 cm, tan pronto como se haya secado lo suficiente para poderse manejar. El exceso de barniz casi siempre escurre, por lo que es aconsejable que nunca exista una capa gruesa cerca del borde de la base. Esta operación de limpieza puede simplificarse sumergiendo el fondo de la pieza en parafina fundida antes de proceder al barnizado.

El barnizado por bañado es probablemente el método más simple. Su principal ventaja consiste en que se requiere una cantidad considerable de barniz. Después de limpiar la pieza y humedecerla con una esponja, se sumerge en un recipiente ancho y plano lleno de barniz.

Deberá retirarse casi de inmediato y agitarse para desprender el exceso de barniz. Después de esto, la pieza se coloca sobre un enrejado para dejarla secar y las marcas de los dedos se retocan con un pincel. Los objetos pequeños pueden bañarse asíndolos con pinzas metálicas,

que se venden en varios tamaños y formas.

Las pequeñas huellas de las pinzas sobre el barniz suelen cerrarse durante el quemado. Para obtener una superficie uniforme se puede preparar un barniz muy líquido que permita bañar la pieza dos o tres veces en unos cuantos segundos.

El vertido requiere menos barniz que el bañado y es aplicable a una mayor variedad de formas. Por ejemplo, el interior de los jarrones y las formas profundas, sólo pueden barnizarse de esta manera.

En el caso de un jarro, el barniz se vierte por medio de un embudo y la pieza se hace girar para recubrir toda la superficie. El exceso de esmalte es extraído y después se imparte un movimiento de agitación a la pieza para que el barniz se distribuya uniformemente y no haya áreas con capas gruesas.

Los barnices para bañado o vertido deben tener una consistencia más baja que los que se aplican con brocha. El interior de los tazones se barniza vertiendo un poco de barniz, esparciéndolo por medio de giros de la pieza y extrayendo el exceso. Esta operación debe hacerse con rapidez, pues de otra forma puede obtenerse una capa más gruesa o falta de uniformidad en el recubrimiento. Para barnizar el exterior de una jarra, el operario la coge por el cuello o por el borde de la base, y vierte el barniz con un jarro, dejando que el exceso escorra sobre una vasija que se coloca debajo. Las marcas de los dedos se retocan con una brocha y el borde de la base se limpia después de dejarlo secar. La superficie exterior de los tazones se barniza de la misma manera, siempre y cuando tengan una base que permita asílos con comodidad. Si no es así, el tazón se coloca invertido sobre un enrejado de madera apoyado en un recipiente para recibir el exceso.

Es conveniente barnizar primero el interior y después el exterior.

Para el ceramista principiante, la técnica más sencilla es la aplicación con brocha.

También es la más cómoda para piezas que resulten demasiado grandes para ser barnizadas por bañado o vertido. Se usa una brocha plana que tenga, cuando menos, una anchura de 3 cm. Se prefiere el pelo de buey, pues el de camello es

muy blando y poco rígido. A menos que el barniz contenga una cantidad considerable de arcilla, es necesario añadir lemnita o goma para lograr una buena adherencia. El operario debe trabajar con rapidez, usando la brocha bien cargada de barniz y cubriendo la pieza con una segunda y tercera capas, antes que la primera haya secado por completo, pues de otra manera se producirán burbujas. El barniz debe tener una consistencia ni muy espesa ni muy delgada, para evitar que se formen irregularidades en la aplicación.

La aplicación por aspersión permite obtener variaciones sutiles del color y un mejor control del espesor del barniz y del recubrimiento total.

En realidad, estas ventajas son más teóricas que reales, y más aplicables al principiante que al artesano experimentado. Los más bellos barnices chinos antiguos, que difícilmente se logran en la actualidad, se aplicaban por vertido o bañado. Los matices de color se logran soplando los colores por separado a través de tubos de bambú.

El método de aspersión tiene dos desventajas: se desperdician cantidades considerables de barniz; y el recubrimiento se mancha fácilmente durante el manejo, debido a su fragilidad. Con un poco de práctica, es posible obtener acabados tersos por vertido, con lo cual se eliminan estas desventajas y se ahorra tiempo. En general, la aspersión se usa para barnizar piezas planas o formas poco profundas y para retoques. Se pueden lograr diversos efectos matizando un barniz con otro y entonando un barniz con otro que sea más neutro o con un barniz más oscuro. Cuando se aplica un barniz viscoso sobre otro muy fluido, éste puede romper la capa superior y escurrir causando un efecto decorativo.

Debido a que muchos materiales del barniz son tóxicos, la aspersión debe llevarse a cabo en una cabina con un sistema de extracción adecuado. Para obtener una capa uniforme, el barniz debe aplicarse con lentitud, depositando un recubrimiento que tenga una superficie de apariencia de lana fina. Si la pieza barnizada se humedece demasiado se pueden formar burbujas y el barniz puede escurrir. En este último caso, el barniz quedará disperso por más capas que se apliquen. En algunas condiciones es aconsejable raspar el barniz y comenzar de nuevo.

PROCESOS

HORNEADO / GENERALIDADES

Este es el proceso final por el que todas las cerámicas deben pasar. En él, la pieza adquiere la dureza y el aspecto final. En el horno se realiza la cocción que hace del objeto y su cubierta un producto sólido, sin el agua excedente que necesitó para su hechura. Durante este proceso la pasta y el vidriado se enlazan con firmeza, los colores y cubiertas adquieren su aspecto definitivo y la arcilla conformada es lo bastante compacta para resistir el uso a que se destina.

El horneado se realiza dentro de un espacio de tamaño variable donde se concentra el calor; el calor producido por el fuego, no por el fuego directo, aunque en la producción artesanal ocurre que, por las condiciones precarias de los hornos, a veces las piezas tienen contacto con la llama y adquieren cierta decoración involuntaria.

En términos generales son tres las zonas o áreas importantes de un horno :

- 1) El HOGAR, espacio o recinto donde se quema el combustible.
- 2) El HORNO propiamente dicho donde se efectúa la cocción (En ocasiones, y por su uso, se le llama cámara de cocción o cochura).
- 3) La CHIMENEA por donde se evacúan los gases y vapores.

Los Hogares reciben el nombre según el tipo de combustible que utilizan: Hogar para leña, Hogar para carbón y los llamados Gasógenos.

La cámara de cocción o cochura suele clasificarse por el modo como circula la llama, y en consecuencia el calor, por ella.

La chimenea y su correcto control determinan la composición de los gases y la intensidad del calor en la cámara. A través de ésta sale o se concentra la presencia de los gases. El aire fresco que entra es, generalmente, por convección natural y se controla con los llamados Tiros; éstos son registros que pueden cerrarse más o menos (usando generalmente placas de materiales refractarios) y con ellos se consiguen atmósferas oxidantes o reductoras; más adelante veremos con detalle éstas.

LA COMBUSTION.-

Los combustibles son generalmente materiales orgánicos. Los hornos utilizan el calor producido por la combustión en el aire de ciertos cuerpos sólidos como la leña, líquidos como el petróleo, o gaseosos como el gas licuado doméstico.

Vale la pena recordar qué es una caloría, unidad utilizada para medir el calor y a la que hacen referencia los textos. Una caloría es el calor necesario para hacer que un gramo de agua en estado líquido se eleve un grado de temperatura.

Para obtener el rendimiento máximo de un horno hay que aportar al combustible la cantidad de aire exactamente necesaria. Si hay aire en exceso se desperdicia combustible, pues éste se quema más rápido. Si hay poco aire, se desprenden gases cuya combustión ha sido incompleta y hay pérdida de calor.

La composición de los gases que circulan por los hornos influye en la coloración de los productos; por ello es necesario, al menos durante cierta parte de la cochura, mantener los gases constantes y controlados dentro del horno.

En términos técnicos, la acción química de la atmósfera del horno se ejerce principalmente sobre el óxido de hierro que contienen las pastas; después de la vitrificación, el efecto del horno actúa sobre la superficie de la pieza y termina cuando el barniz se hace impermeable. Por cierto, el color que conservará la pieza es el que adquiere la superficie decorada cuando entra en fusión.

A continuación veremos las notas de Nelson al respecto de los hornos, su construcción y operación. En las notas e ilustraciones aparecen la mayoría de los hornos que se utilizan y sus principios básicos, el modo de construcción y los materiales más usuales. Posteriormente veremos algunas notas sobre la cochura de los objetos, el estibado y el control de la temperatura.

Hornos

Construcción y Operación

En alguna época remota de la historia (aproximadamente 8000 a. de J.C.), el hombre descubrió que la arcilla cocida al fuego se convertía en un material resistente y durable. Durante miles de años, los alfareros quemaban sus piezas en un hoyo poco profundo sobre un leño de leña (Fig. 478). La pila de piezas se cubría con fragmentos de alfarería rota para evitar el contacto con el combustible superior y para retener el calor. Añadiendo continuamente leños y césped, se lograba un fuego al rojo, tras lo cual, las brasa se cubrían con tierra para dejarlas enfriar. El cuerpo de arcilla roja se ensuciaba con cenizas y casi siempre estaba manchado de negro. La única decoración posible consistía en bruñir y tallar incisiones. Toda la cerámica negra primitiva se quemaba de esta manera y algunos tribus aborígenes de la actualidad lo siguen haciendo así. Una hornada enterrada en un hoyo sigue siendo un proyecto interesante y estimulante para un campamento de verano de estudiantes de cerámica.

Con el tiempo, los alfareros aprendieron a excavar cámaras en los lados de las colinas para aislar el calor, obtener un uso adecuado y lograr una mejor hornada a temperaturas más altas. Después se emplearon ladrillos de arcilla con paja, para construir hornos de cámara circular con una área de combustión, una rejilla para la carga y un puzo para las cenizas (Fig. 479). Las piezas se cargaban por arriba, se cubrían con leños y se sellaban con una mezcla de arcilla y paja, dejando algunos orificios para la salida de los gases. Este es el tipo de horno que se empleaba en el Cercano Oriente hacia 3500 a. de J.C. para hornear las piezas decoradas con engobes.

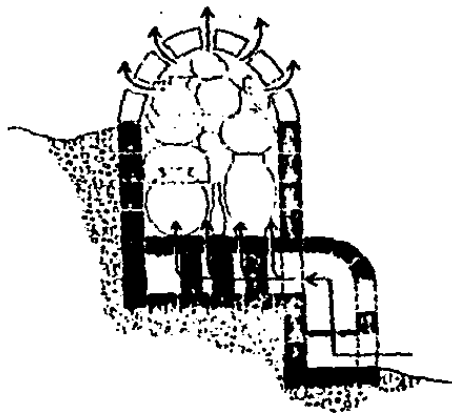
A medida que se lograban los avances técnicos, se desarrollaron hornos que tenían una cúpula curva permanente, una chimenea y una puerta lateral para la carga y descarga. Los griegos, que necesitaban condiciones controladas de oxidación y reducción para producir sus piezas con figuras negras y rojas, empleaban este tipo de hornos. Las cámaras no eran muy grandes — probablemente de menos de 1.20 a 1.80 m de diámetro—. Este



478. Horno primitivo de excavación poco profunda.

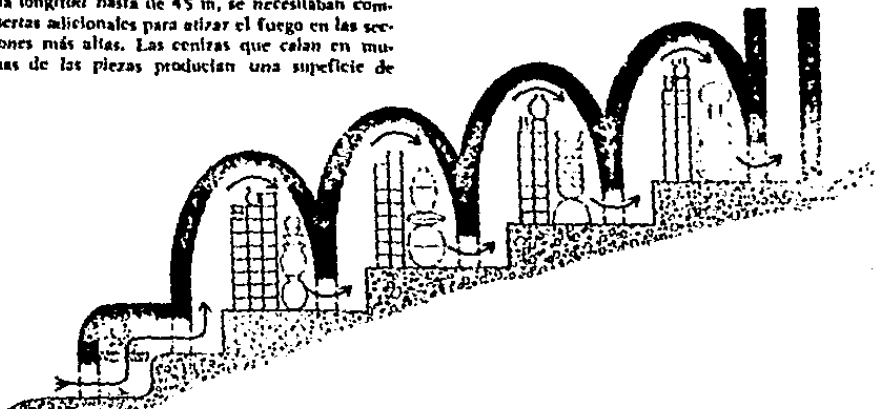
diseño se transformó en el horno de tipo colmena y en el estilo alto de cuello de botella y tiro invertido que, con cámaras de quemado múltiples, se usó en toda Europa hasta que se desarrollaron los grandes hornos comerciales durante la Revolución Industrial.

La cerámica compacta y la porcelana de alta temperatura desarrollada primero por los chinos y los coreanos, se debió tanto al tipo de diseño de horno con el que contaban, como al uso de cuerpos de caolín. Estos hornos eran largos y estrechos y se construían en la ladera de una colina para mejorar el tiro. La cámara de fuego estaba en la base, pero como el horno podía tener una longitud hasta de 45 m, se necesitaban compuertas adicionales para atizar el fuego en las secciones más altas. Las cenizas que caían en muchas de las piezas producían una superficie de



479. Horno primitivo de madera.

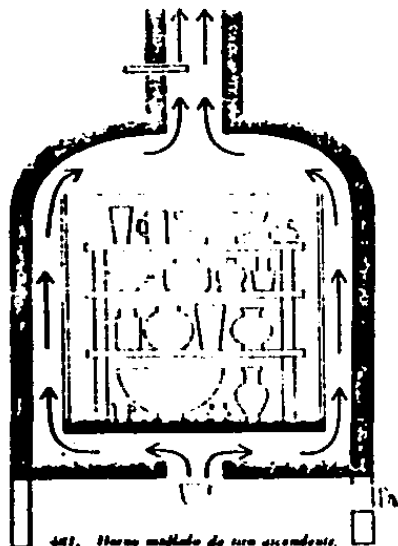
480. Horno japonés ascendente que emplea madera como combustible.



tipo barnizado. Para controlar mejor el calor, el horno fue dividido en cámaras, y éste fue el diseño que se usó, primero en China y después —alrededor del año 1600— en Japón. Debido en parte al espacio ocupado por las cajas refractarias que contenían las piezas barnizadas, las cámaras de los hornos chinos eran hasta de 4.5 m de altura. Los japoneses eran más pequeños, de aproximadamente 1.80 m, pero tenían hasta veinte cámaras (Fig. 480). Aunque los hornos que queman madera son eficientes a altas temperaturas, su uso está desapareciendo debido al costo del combustible y al exceso de humo que producen.

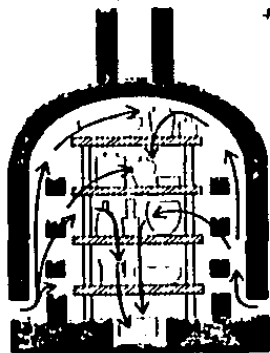
HORNOS MODERNOS

Los tipos de horno empleados por las civilizaciones antiguas todavía se usan en la actualidad, aunque se han modificado para utilizar otros combustibles y hornear otros materiales y en el caso de la industria, para satisfacer las necesidades de una producción eficiente a gran escala. El cambio más drástico en el diseño de hornos en los tiempos modernos ha sido quizá el que sobrevino al existir una nueva fuente de energía: la electricidad. Puesto que el horno eléctrico no necesita chimeneas ni tuberías de combustible y es relativamente portátil, simple y fácil de operar, ha desempeñado un papel muy importante en la popularidad actual de la cerámica. Es muy conveniente para el ceramista cuyo taller es una instalación temporal o para la escuela cuya construcción original no incluía ni chimeneas ni ductos de combustible.

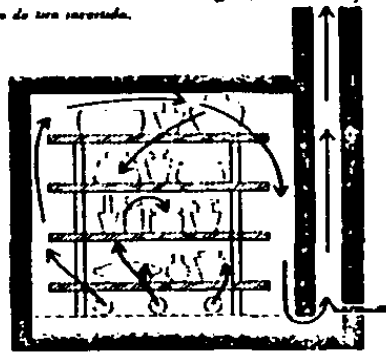


Hornos de combustible

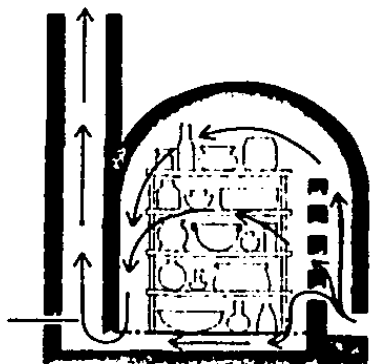
Ya sea que el combustible empleado sea madera, carbón, petróleo o gas, el diseño básico del horno varía muy poco. Se requiere una área de combustión, que puede estar debajo o a un lado de la cámara de fuego. La madera y el carbón



Vista frontal



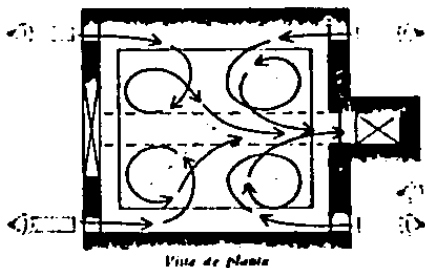
Vista lateral



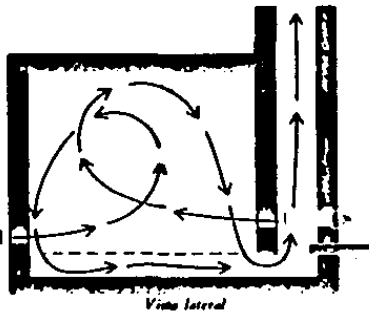
necesitan una área más grande incluyendo una rejilla y un depósito para las cenizas (véanse las Figs. 479-480). Las cajas refractarias, que protegen a las piezas barnizadas del polvo de cenizas, también ocupan bastante espacio. Se han construido hornos pequeños con una cámara interior muflada que también actúa como protección para las piezas. Tanto el petróleo combustible como el gas embotellado contienen azufre, que es perjudicial para los barnices de plomo. El horno muflado de tiro ascendente, que se ilustra en la Fig. 481, se diseñó para eliminar

483. Horno de bóveda con quemadores laterales.

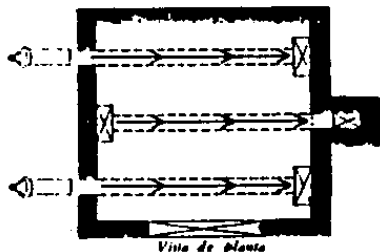
484-487. Hornos con diversos tipos de distribución de los quemadores.



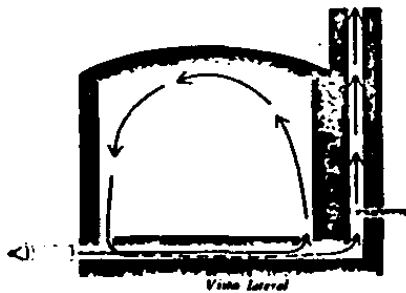
Vista de planta



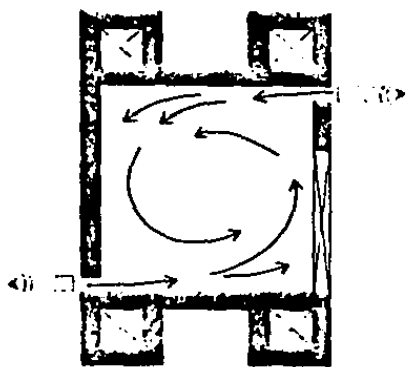
Vista lateral



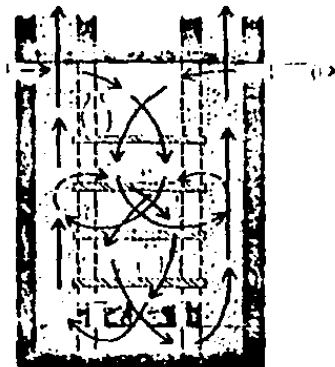
Vista de planta



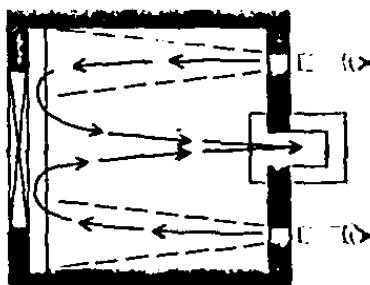
Vista lateral



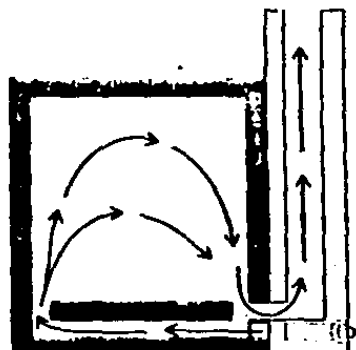
Vista de planta



Vista lateral



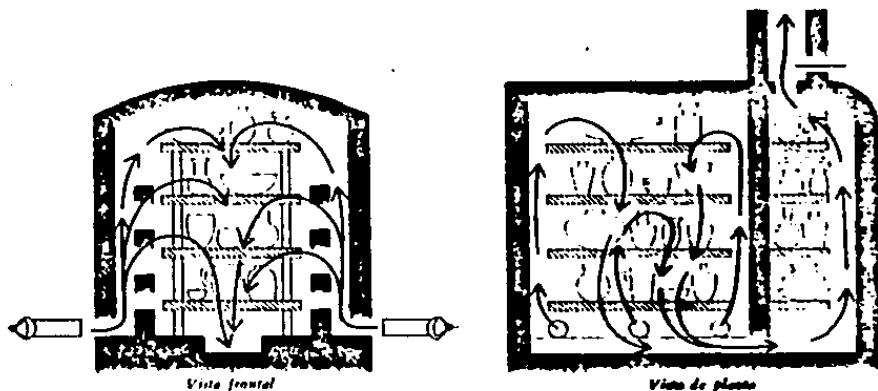
Vista de planta



Vista lateral

este problema. Sin embargo, la construcción hace que se acumule más calor en la sección inferior, lo cual dificulta la uniformidad del quemado. Al colocar los quemadores más cerca de la pared lateral se reduce un poco este problema. La mayor parte de los hornos portátiles de gas son de este tipo.

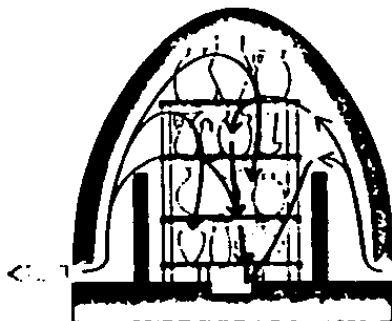
El horno de tiro invertido de la Fig. 482 proporciona una distribución más uniforme del calor y se ha convertido en el diseño más común entre la mayoría de los ceramistas. Esta popularidad aumentó notablemente desde el advenimiento de gas natural, más limpio y puro, que elimina la necesidad de las muelas. En el



488. Horno con cámara de biscochado en la chimenea.

horno de tiro invertido, el calor entra lateralmente proveniente de quemadores múltiples, se desvía hacia arriba por medio de las paredes deflectoras y después es aspirado hacia abajo a través de las piezas, por la acción de succión de la chimenea. Si el suministro de combustible y el tiro son adecuados, al ajustar la altura de las paredes deflectoras se puede lograr una uniformidad de calentamiento que no varíe en más de un cono, y a veces menos, entre la zona de arriba y la de abajo.

Para un horno de menor tamaño, un diseño como el que se ilustra en la Fig. 483 con los quemadores laterales puede resultar igualmente satisfactorio. A pesar de que el sistema que se muestra en la Fig. 482 es muy eficiente, existen muchos otros tipos de distribución de los quemadores. En las Figs. 484-487 se ilustran algunas de estas posibilidades. En algunas instalaciones es conveniente contar con un quemador o un ventilador en la base de la chimenea, para inducir un tiro durante las primeras etapas del quemado. Esta adición también puede necesitarse en el caso de una chimenea alta, tal como las que se construyen para los hornos de muchos talleres de escuelas.



483. Horno de cúpula catenaria.

El horno que se ilustra en la Fig. 488 es esencialmente el mismo de la Fig. 482, excepto que el área de la chimenea se amplía para contar con una zona separada de biscochado. A menos que la temperatura de hornos del barniz en la cámara principal sea muy alta, esta cámara de la chimenea podrá biscochar a conos 010-06. Aunque la mayoría de las escuelas cuentan con bastan-

les piezas y hornos para trabajar con cargas completas, el ceramista individual puede tener que esperar demasiado tiempo para operar el horno con eficiencia. El sistema de cámara doble permite una operación más continua, quemando el blazco y el barniz al mismo tiempo y sin ningún costo adicional.

Cuando se usa aceite combustible se requiere una área de combustión ligeramente más grande que con el gas natural. El horno de cúpula catenaria que se muestra en la Fig. 489 es ideal para aceite combustible, pues el ensanchamiento de la zona baja proporciona el área extra de combustión que se necesita. Excepto por la construcción del arco, el diseño es similar al de un horno para gas. La curva se establece suspendiendo una cadena en dos puntos, con lo cual se obtiene un arco natural estructuralmente firme. La proporción más estable es aquella en la que la base es igual a la altura, y esta relación es también la mejor para la distribución uniforme del calor. Puesto que el arco está apoyado en sí mismo, no se requieren estructuras de acero o vigas que reduzcan el espacio libre. El aceite combustible es satisfactorio y más económico que el gas, pero tiene algunas desventajas. Se requiere una instalación más o menos aislada, pues el humo que se produce, junto con el ruido de los ventiladores, hacen que sea inconveniente que esté en la misma área del taller.

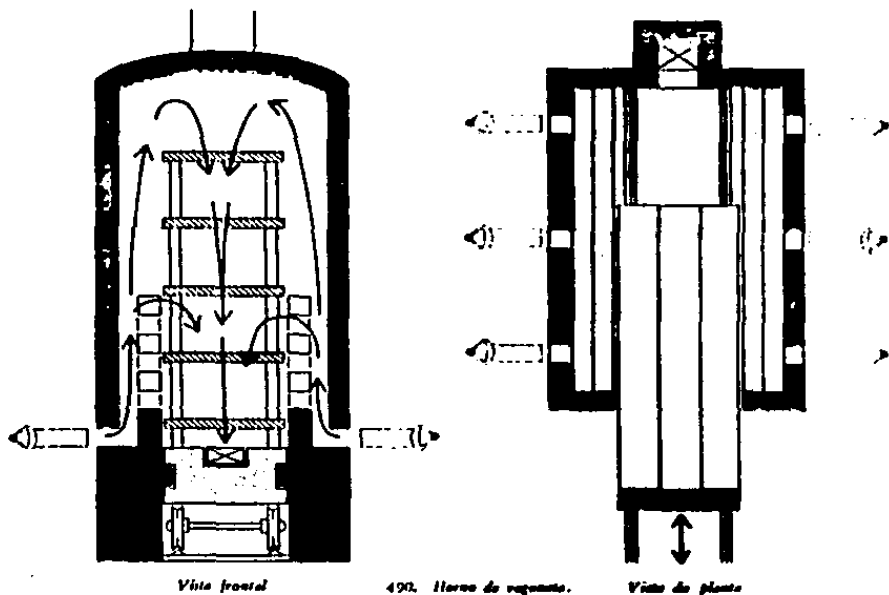
Los hornos de caja pueden quemar con muy buena uniformidad y se usan puertas más anchas para permitir un mejor acceso a la cámara, que es bastante profunda. La mayoría de los hornos que se han descrito tienen una área de carga de piezas de 0.3 a 0.5 m². Sin embargo, muchas escuelas necesitan una capacidad mayor. En este caso, resulta poco práctico tener que cargar las piezas en el extremo alejado de una cámara de 0.8 m². La solución puede ser un horno de vagoneta (Fig. 490). Este es también el mismo diseño del de la Fig. 482, pero la sección del piso se construye sobre una estructura de acero y con ruedas para poderse meter y sacar del horno sobre rieles. La puerta se convierte en parte integral de la vagoneta, en vez de ser una simple pared de ladrillo como en el diseño común. El piso y las paredes laterales deben que-

dar muy juntas contándose con una viga de hierro adaptada al piso de la vagoneta, que se extiende hasta un sello de arena en la pared para retener el calor. La carga y descarga de la vagoneta se llevan a cabo cuando ésta se halla fuera del horno y la operación se simplifica en alto grado.

Hornos eléctricos

La mayoría de los ceramistas de taller y los estudiantes de cerámica prefieren el horno de gas, debido a su funcionamiento económico, mayor tamaño y a la posibilidad de lograr atmósferas de reducción. Sin embargo, en Escarlatina, así como en los países con electricidad a bajo costo y escasez de gas, el horno eléctrico es el más común entre los ceramistas. Los hornos eléctricos también tienen muchas ventajas para las escuelas. Su operación es tan simple, que para ponerlo a funcionar basta con accionar un interruptor, y no se presentan problemas de ajuste de los quemadores o control del tiro. El horno, que pesa unos 140 kg. puede cambiarse de lugar y ponerse en cualquier sitio. Sólo requiere una toma de corriente de 220 volts, lo cual contrasta con los requerimientos de un horno de gas construídos en instalaciones de chimenea y ductos para el combustible. La ventilación del área no representa problema alguno, siempre y cuando el cuerpo no contenga azufre u otras impurezas poco usuales.

Los hornos eléctricos pueden ser de dos tipos básicos —el de carga por arriba y el de carga frontal—. Cualquiera que sea el diseño, las dimensiones mínimas del interior deben ser del orden de 45 x 45 cm. para que reciba una carga significativa de piezas. Puesto que el calor se transmite por radiación desde los elementos embutidos en las paredes, un horno de más de 60 x 60 cm requiere elementos de un tamaño que aumentan mucho el costo de la unidad. Los hornos de puerta lateral son más costosos, pues deben tener una estructura de acero pesada y un buen marco para sostener la puerta, además de coquecillos flexibles para los elementos de la misma. El horno de carga por arriba no sólo es de manejo más fácil, sino que también consti-



tuye una inversión más baja, y es por lo consiguiente una mayor compra.

Existen tres tipos de elementos eléctricos para el calentamiento. Los adecuados para temperaturas bajas (hasta 1090°C) son de alambre de níquel-níchrome. Las resistencias de tipo Kanthal se construyen con una aleación diferente y producen temperaturas hasta de cono B (1260°C), aunque algunos tipos pueden llegar más alto. Los hornos industriales de mayor tamaño y temperaturas más elevadas utilizan compuestos de carbono en forma de cilindros o varillas de 0.5 a 5 cm de diámetro. Por desgracia, los transformadores especiales que se requieren son más costosos que el propio horno, lo que coloca a estos hornos en desventaja con respecto a los de gas o petróleo.

472. Horno de funda a pasta de un ladrillo sobre la carga que se a hornearse.

Hornos de producción

El término *producción comercial* cubre un gran número de actividades, desde la fabricación de grandes toneladas de ladrillos de construcción, hasta el formado de pequeños aisladores eléctricos. La tecnología moderna ha desarrollado hornos especiales para hornear el gran volumen de piezas comerciales que se producen. Los hornos industriales no son simplemente versiones más grandes de los hornos pequeños para ceramistas, pues los hornos grandes no tienen la misma uniformidad de quemado y sus ciclos de carga, quemado y enfriamiento, son más largos. Para lograr una buena eficiencia, alguna parte del horno debe ser móvil, como en el caso de los hornos de vagoneta.

El horno de vagoneta se carga y descarga con facilidad y no pierde tanto calor durante el horneo como los hornos normales. Si el horno cuenta con dos puertas, el ciclo de carga se acelera aún más. A este tipo de horno se le llama horno de puerta doble (*shuttle*).

Cuando se dispuso de refractarios ligeros para altas temperaturas, se desarrolló el horno de tipo funda.

En este diseño, se construyen dos estructuras permanentes para acomodar las piezas y el horno se desplaza sobre ellas en forma alternada para cada ciclo de quemado. Sus ventajas son el poco espacio que requiere y el hecho de que se pueden usar estuches y cajas refractarias más ligeras, pues no se presentan las vibraciones de los hornos de vagoneta. Estos hornos pueden ser de muchos tamaños, pero se diseñan principalmente para piezas chicas u horneadas espaciales.

La enorme producción de las fábricas comerciales no sería posible sin el horno túnel que opera en régimen continuo sin parar para la carga y descarga. La Fig. 472 muestra una vagoneta cargada entrando al túnel. La cámara es de aproximadamente 1.50 x 2.70 m y de 60 m de lar-



go. Los vagonetas que se empujan una a otra se desplazan por el horno a una velocidad lenta pero constante, transcurriendo entre treinta y cincuenta horas para calentarse, llegar a la temperatura máxima y enfriarse. La temperatura de entrada es de 300°F (150°C) y aumenta de manera gradual hasta 2300°F (1260°C) en la sección central, para después comenzar a disminuir. Las vagonetas tienen un buen aislamiento en el piso. En los lados de las vagonetas hay vigas de acero que se proyectan hacia un sello de arena en las paredes del horno que protege a la estructura de apoyo de la radiación del calor. El aire caliente

que escapa hacia las secciones de salida se vuelve a entrar a la zona de precalentamiento para calentar el aire de los quemadores. Este factor, además de la posibilidad de operar en forma continua durante meses, constituye un sistema muy económico.

Como es lógico suponer, la carga de este tipo de hornos es muy diferente a la de un horno pequeño del taller de un ceramista. Debido al largo tiempo de quemado y al gran número de formas iguales, la carga puede ser muy compacta. Sin embargo, las piezas delgadas deben estar muy bien apoyadas para evitar distorsiones. Las tazas se cargan en pares, borde contra borde, con un cemento ligero para evitar que se resbalen. Los huecos que quedan entre los platos apilados se rellenan con arcilla refractaria granular.

Las lozas se espulverizan con alúmina para evitar que las pilas de platos se peguen durante el quemado. En la fabricación de vajilla, el método más común consiste en bizcochar las piezas hasta la maduración total del cuerpo, quemándolas bien apoyadas.

Después del barnizado, las piezas se queman a una temperatura más baja, por lo que no hay encogimiento y las probabilidades de distorsión son menores. Un ceramista puede mantener su horno relativamente limpio y no necesita preocuparse por las partículas de polvo y ladrillo en el quemado del barniz. Sin embargo, esto no sucede siempre en los hornos grandes que operan de continuo durante largos períodos. Para proteger las piezas en el quemado del barniz, éstas se cargan en cajas refractarias.

El fondo de la caja está cubierto con una capa de sílice gruesa, que no se adhiere fácilmente al

barniz delgado del borde de la base. Las porcelanas de alta temperatura siempre se queman con el borde de la base totalmente apoyado sobre la caja refractaria. Estos bordes no están barnizados y sólo se pulen muy bien. La porcelana fina

se barniza por completo. Las piezas individuales descansan sobre varillas de porcelana que se insertan lateralmente en la caja. Estas varillas de porcelana, que casi siempre son de forma piramidal para que el borde superior sea muy delgado, dejan una huella pequeña en el barniz, pero representan una gran economía en la carga y el quemado.

CONSTRUCCION DE HORNOS

— Hace veinticinco años pocos ceramistas construían sus propios hornos, pero con el renovado interés en la cerámica y la acumulación de conocimientos, esta práctica es bastante común ahora. El principiante, que tiene poca experiencia en los fundamentos del diseño de hornos, debe preferiblemente intentar repetir un diseño de eficiencia comprobada, en vez de experimentar con sus propias ideas. Sin contar el valor del tiempo, el ceramista puede ahorrarse hasta un 50% del costo de un modelo prefabricado. Además, casi no existen modelos comerciales de hornos grandes de tiro invertido para operaciones a altas temperaturas.

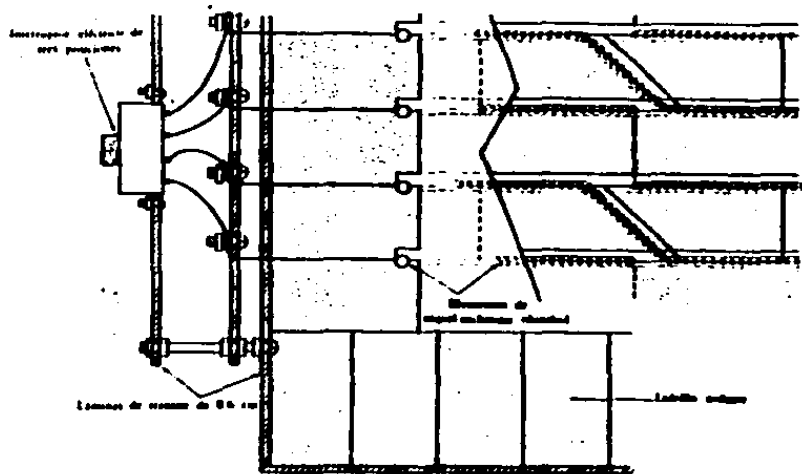
Hornos eléctricos

Los hornos eléctricos, que no requieren chimeneas o ductos, son los que representan menos dificultades para los ceramistas de poca experiencia (Fig. 492). A menos que el ceramista sea aficionado a los detalles técnicos, es preferible pasar por alto la tarea de calcular la longitud de los elementos, el tamaño, la resistencia y los óhms necesarios para obtener el calor deseado en la cámara del horno. Resulta más fácil

comprar los elementos de reemplazo para un horno de línea fabricado por una compañía de prestigio. También puede resultar difícil obtener los interruptores más adecuados, pues los mejores no son muy comunes. Sin embargo, los fabricantes de hornos casi siempre los tienen en existencia.

El ángulo de arco que forma la estructura del horno, puede fabricarse con relativa facilidad, pero debe hacerse un trabajo de buena precisión. Para la base del piso y para las paredes exteriores, puede usarse limina de asbestocemento de 0.5 cm de espesor, cortada de un tamaño un poco más pequeño de lo necesario para que haya una expansión libre. Para los paredes laterales se emplea ladrillo refractario atlántico común (23 x 11.5 x 6.3 cm) colocado en hiladas normales; para un horno a como 04 se usa la temperatura de 2300°F (1260°C) y para los de conos 6 a 8 se utiliza la de 2600°F (1427°C). Para una cámara interior de 45 x 45 cm no es necesario cortar los ladrillos. Las hiladas de ladrillos deben colocarse al trespelillo. Para evitar que se muevan se pueden introducir clavos largos atravesando los ladrillos o aplicar una capa delgada de arcilla refractaria y siseado de sedos después de humedecer la pared con agua. No se debe usar cemento a menos de 4 cm de los elementos, en caso de que éstos estén situados en las juntas.

Los huecos ajustados para los elementos pueden cortarse con una sierra gruesa y una escuadrada o con herramientas simples de corte en una taladradora. Para retardar las posibles contaminaciones las aisladuras se pueden recubrir con pintura de aluminio o con una mezcla de barro antes de embutir los elementos. Los elementos de níquel-niobio para bajas temperaturas se encuentran embudados. Pueden usarse para ajustar el horno, elevando los extremos sobre una madera delgada y estando el otro extremo. Es preferible que el extremo más estrado, esto es, donde las espaldas quedan más abiertas, sea el que corresponda a la conexión en la caja de control. Muchos elementos don dos vueltas en el horno y requieren una muesca diagonal para cerrar el círculo. Los alambres no deben tocarse en ningún punto, pues



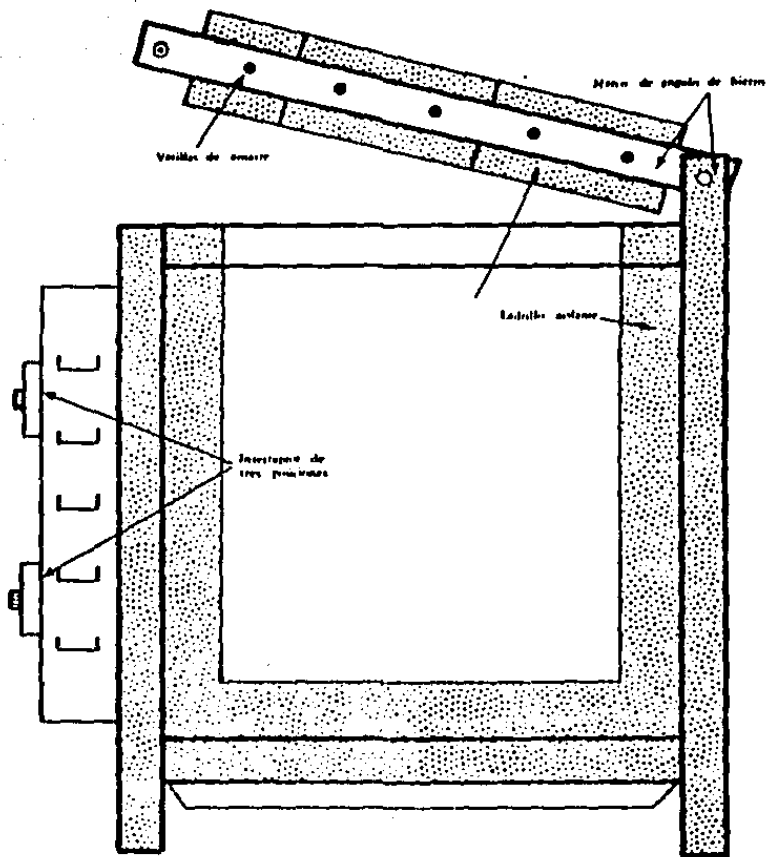
492. Construcción e instalación eléctrica de un horno eléctrico.

se pudieran desarrollar zonas de calentamiento exacto.

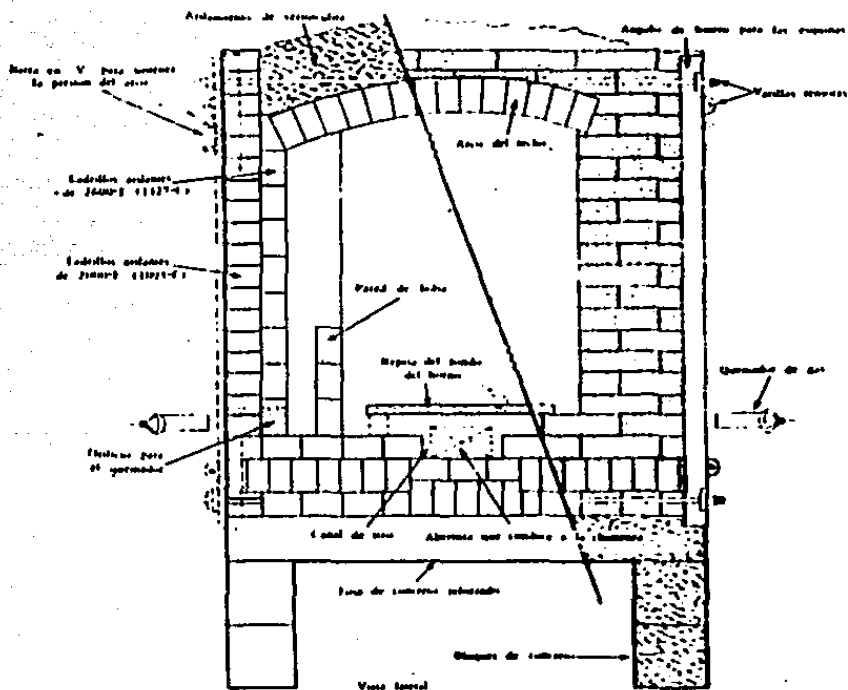
A menos que el operario tenga experiencia en circuitos eléctricos, es aconsejable que la instalación la haga un electricista. Los pernos en la lámina de asbesto-cemento deben insertarse antes de colocar los ladrillos. La base de los pernos puede ser un trazo de este mismo tipo de lámina. Se deben usar pernos de bronce como puentes de conexión entre los elementos y los alambres aislados del interruptor. El interruptor usual tiene tres posiciones, baja, media y alta, que corresponden a 110 volts, 210 volts en serie y 210 volts en paralelo para obtener la corriente necesaria. Después de varias horneadas, los elementos de níquel-níquel se contraen, pero pueden volverse a estirar, procediendo con mucho cuidado para ajustarlos después de nuevo. Las conexiones externas deben cubrirse con una caja que deje suficiente espacio libre para una buena ventilación.

La tapa para un horno de carga por arriba representa pocos problemas, pero se puede obtener un buen modelo con pernos de 0.6 cm —dos en cada ladrillo, atravesando un ángulo de hierro en cada lado—. Si el ángulo de hierro se prolonga hasta el marco trazo de la estructura de hierro, ésta puede girarse unos 5 cm para perforarla y embisagrar la tapa por medio de una varilla cilíndrica. En la misma forma, una prolongación hacia el frente y un cilindro o un tobo soldado a los extremos, constituye un buen rango para levantar la tapa (véase la Fig. 493).

Los hornos eléctricos de alta temperatura (como B) también pueden construirse con ladrillos de 4.5 pulg (11.5 cm). Sin embargo, en este caso es deseable poner un recubrimiento extra de asbesto-cemento de 2.5 cm de espesor. A menos que se usen canales de porcelana que se insertan en los ladrillos, la selección de éstos debe ser más cuidadosa. Debido a las temperaturas



391. Horno eléctrico mostrando la tapa y los interruptores.



493 Construcción de un horno de gas

más altas de operación, las impurezas de hierro de los ladrillos se funden y con el tiempo contaminan los elementos y los inutilizan. Los elementos duros de Kanthol se hacen frágiles con el uso, pero se puede reducir su tendencia a la contracción quemándolos primero a unos 8, aun cuando las temperaturas de operación posteriores sean inferiores.

Hornos de gas

Gracias a la uniformidad de los ladrillos refractarios ablatos, es posible construir un hor-

no pequeño de gas sin necesidad de emplear cemento (Fig. 494). Esto resulta especialmente útil para los hornos raku, que son pequeños y casi siempre de naturaleza temporal. Se puede poner un solo quemador en una caja simple, con las piezas colocadas sobre otros cuantos ladrillos. Para el techo, es suficiente contar con una losa plana con un pequeño orificio para la ventilación. Se puede usar una tapa con pernos o una sección lateral del mismo tipo, para las piezas se cargan y descargan del horno caliente con tenazas.

Para un horno pequeño, tal como el diseño de pared de bolsa que se ilustra en la Fig. 483, es suficiente contar con una pared de ladrillo refractario aislante de 4.5 plg (11.5 cm). Un horno de 0.1 m³ puede operarse con facilidad con los quemadores atmosféricos. Los hornos cuadrados tienen una distribución de calor más uniforme; los hornos profundos resultan difíciles de cargar y una cámara alta produce variaciones de temperatura entre las zonas inferior y superior. Aunque no es difícil contar ladrillos refractarios, es preferible planear un diseño basado en piezas completas.

Después de haber establecido el tamaño deseado (tan cercano a un cubo como sea posible), se debe calcular la capacidad de quemadores que se requiere. Los fabricantes suministran información relativa a los litu (unidades térmicas inglesas) de los diversos quemadores que venden. A menos que el horno sea muy pequeño, es preferible contar con varios quemadores y no uno solo más grande, para evitar la concentración del calor por zonas. En general, por cada pie cúbico (0.03 m³) de capacidad se requieren unos 6000 a 7000 Btu en un horno para cerámica compacta, incluyendo el área de combustión. Para el quemador Dunsen normal o quemador de aspiración, hasta con una abertura de 7.5 cm. El tamaño de la chimenea debe ser cuando menos igual al área de todos los orificios para los quemadores, o un poco más si es posible, en especial cuando hay ángulos en la trayectoria de escape de los gases o cuando la chimenea es muy alta (ambos efectos producen pérdidas por fricción).

El canal de salida de los gases en el piso del horno debe ser menor que la chimenea, para evitar pérdidas de calor demasiado rápidas. Sin embargo, debe construirse de tal manera que permita ampliaciones futuras cuando sean necesarias. A menos que el horno sea muy grande, basta con poner una sola pared de bolsa en uno de los lados. Sólo es necesario que sean permanentes las primeras hiladas de ladrillo. La función de la pared de bolsa consiste en forzar las flamas y el calor hacia arriba en el horno. Su altura depende del tamaño de la unidad, del tiro de la chimenea y de otros factores. Se pueden

colocar hiladas adicionales de ladrillos sin cemento cuando se necesita más calor en la zona superior. En un horno de gas promedio, el área de combustión entre el horno y la pared de bolsa debe ser de unos 10-12 cm. Si el combustible es petróleo, esta área debe ser un poco mayor.

Existen cementos de mortero refractario para adherir los ladrillos, ya sea en forma húmeda o seca. Es posible preparar un material similar más económico, mezclando dos partes de arcilla refractaria y una parte de chamota fina. Para un cemento más resistente se añaden 4 l de solución comercial de silicato de sodio por cada 50 kg de mezcla seca. A menos que los ladrillos se humedezcan antes de colocarlos, absorberán demasiado mortero, por lo que es aconsejable remojarlos previamente en agua. La capa de mortero debe ser muy delgada, pues los ladrillos suelen ser bastante uniformes y no se necesita una capa gruesa para nivelarlos. El mejor método consiste en sumergir los bordes del ladrillo en un mortero preparado con baja consistencia, y colocarlos de inmediato presionando con un bloque de madera para formar hiladas uniformes. Debido a su porosidad, los ladrillos aislantes se expanden muy poco durante el calentamiento y pueden colocarse muy juntos unos de otros. Sin embargo, los ladrillos refractarios densos sí se expanden bastante, por lo que debe dejarse un espacio de 0.5 cm sin cemento cada tercer o cuarto ladrillo, pues de otra forma la capa externa de ladrillo, que estará más fría, se abrirá durante el quemado.

Es muy aconsejable planear un diseño basado en ladrillos completos, cuando éstos sean de tipo denso. En caso de necesidad, pueden cortarse haciendo una ranura en cada lado para partirlo con un solo golpe, utilizando un cincel y un martillo. Este procedimiento no se puede aplicar a los ladrillos en forma de cuña que se usan para el arco de la bóveda. El arco usual se eleva a una velocidad de 12 cm por cada metro. La colocación de los ladrillos sobre sus cantos con el fin de obtener un espesor de 4.5 plg (11.5 cm), es suficiente para un horno de tamaño promedio. El ladrillo para arcos Núm. 1 reduce su dimensión de 6.3 a 5.3 cm.

Dibujando dos curvas separadas por 11.5 cm y usando una elevación de 12 cm por cada metro, se puede calcular el número de ladrillos para arco Núm. 1 que se necesitan. Es posible que se requieran algunos ladrillos rectos, pero estos deben mantenerse a un mínimo, al igual que el mortero.

Estos cálculos no presentan problemas en un arco de ladrillos aislantes, pero los ladrillos blandos pueden curarse en la forma y con las dimensiones deseadas con bastante facilidad. En la zona de contacto entre el arco y la pared lateral se necesita un ladrillo muy angulado. El horno requiere un soporte de ángulo de hierro de 6.3 cm en cada una de las esquinas, con varillas tensores de 1 cm en los extremos. Aunque estas varillas le dan una cierta rigidez al horno, su principal propósito consiste en proporcionar la retención necesaria en la pared exterior para el pesado marco de ángulos de hierro sobre el que se construye el arco de la bóveda.

Para la cimbra del arco se pueden cortar varias tiras de madera que conformen la forma del techo, cubriéndola con una plancha de masonita. Es aconsejable dejar un poco de holgura y colocar cuñas debajo de los montantes, de tal manera que la forma pueda retirarse con facilidad después de colocar los ángulos y las varillas de acero. El horno de arco catenario no necesita estructura de acero pues es autoportable. Su cimbra puede establecerse suspendiendo una cadena con dos clavos separados a la distancia deseada. El resultado será una curva puntiaguda. La estructura será muy estable cuando la altura sea aproximadamente igual a la anchura de la base. Este diseño es el más adecuado para los hornos de petróleo, pues el ensanchamiento en la base proporciona el área de combustión extra que se necesita.

El peso de un horno es considerable y se requieren cimientos de concreto cuando menos de 13 cm. Para evitar la inconveniencia de cargar el horno con el cuerpo inclinado y darse golpes en el techo, es conveniente construirlo sobre una losa de concreto reforzado elevada a la altura necesaria con bloques del mismo material. Este tipo de horno puede moverse después con pocas dificultades, cuando la situación así lo requiera.

Al colocar las hiladas, éstas deben ir al treshillo con algún ladrillo de amarre ocasional para afianzar las hiladas. Primero se colocan los ladrillos de las esquinas, asegurándose de que los ángulos queden a escuadra. Se necesita un indicador de nivel y un cordón de guía, pues no se puede depender del ojo humano. El área del piso que no esté en contacto con el canal de escape, se puede construir con ladrillos rojos comunes.

El tipo de ladrillo que se debe usar y el espesor de las paredes se determinan en base al tamaño del horno y al uso al que está destinado. Para los hornos de sal y los de petróleo, se requiere una pared interna de 4.5 plg (11.5 cm) de ladrillo refractario denso, recubierta con ladrillo aislante de 2000°F (1093°C). Si el tamaño es cercano a 0.8 m³, es deseable poner una pared externa de ladrillo rojo común.

Un horno bien construido debe dar muchos años de servicio con pocas reparaciones. Un horno para cerámica compacta con una capacidad de 0.4 a 0.7 m³ puede construirse con ladrillo aislante de 2000°F (1427°C) sobre sus cantos y ladrillo de 2000°F (1093°C) con hiladas normales, obteniéndose así una pared de 7 plg (18 cm). Aunque el costo inicial es alto, la construcción es más fácil y el consumo de combustible resulta menor. Sin embargo, los ladrillos aislantes retienen poco calor y se enfrían con más rapidez; por consiguiente, los hornos de 0.8 m³ o más, deben equiparse con un recubrimiento interior de ladrillo denso. El batiente de la puerta debe construirse con el mismo ladrillo que la pared interior, cualquiera que sea el tipo usado. En algunas escuelas de verano se han construido hornos que solo están cubiertos por un techo simple. Para lograr proteger la estructura contra el viento y la lluvia, se invierten los procedimientos descritos y el ladrillo denso durable se usa en el exterior, con el ladrillo aislante en el interior. Los resultados suelen ser satisfactorios.

Estos ejemplos ponen en evidencia que existe más de una manera de construir un horno. Las ilustraciones muestran varios tipos de distribución de los quemadores. La mayoría de los ceramistas piensan que el diseño de tiro inver-

tido (Figs. 482, 489) es el más satisfactorio para tamaños de 0.5 a 0.7 m³. Un horno más pequeño puede usar el diseño de tiro cruzado de la Fig. 483. Aunque el horno mullado de tiro descendente (Fig. 481), es muy común en los diseños comerciales, ni éste ni el de flama directa son recomendables para ser construidos por el ceramista.

La chimenea

Debido a las altas temperaturas de operación, el horno no puede descargar sus gases de escape en una chimenea común. Para un taller de construcción tipo cobertizo, una simple tubería de asbesto-cemento puede ser suficiente para el escape de los gases. Sin embargo, en un taller ordinario o en una casa, se requiere una unidad de arcilla refractaria aislada de tipo Van Packer, especialmente para la porción que queda dentro del edificio. La sección externa puede ser del tipo usual, de ladrillo recubierto con arcilla refractaria. Los hornos pequeños pueden contar con una campana de extracción metálica que aspira también aire frío de la habitación y elimina el problema de las temperaturas altas.

Es muy importante que la conexión entre el horno y la chimenea sea corta y directa para que el tiro sea adecuado, y lo mismo sucede con la altura de la chimenea. Si se necesita, se pueden hacer conexiones con tubería de asbesto-cemento o de metal recubierto de arcilla refractaria. Las longitudes excesivas y los ángulos innecesarios de estas conexiones, forzarán a contar con una chimenea más grande y alta que lo normal. Las chimeneas altas con conexiones complicadas casi siempre requieren un quemador o un ventilador en la base para inducir el tiro inicial. Si no existen edificios cercanos que causen un tiro hacia abajo, es suficiente con una chimenea de 4 a 5 m. Una campana de 15 x 15 cm suele ser adecuada para un horno de 0.3 m³ y para uno de 0.6 m³ se usa 23 x 23 cm. Sin embargo, se recomienda tratar de usar tamaños mayores especialmente en una chimenea alta, donde casi siempre se presentan pérdidas por fricción. Se debe dejar una ranura en la campana en el punto donde salen los gases del horno, que servirá

para poder introducir un dispositivo de cierre y estrangulación de la abertura. Este dispositivo puede hacerse con una placa refractaria pequeña o un trozo de una repisa rota.

Quemadores

Existen muchos tipos de quemadores, tanto para gas como para petróleo, y también es posible improvisarlos con ciertos materiales. El tipo que producen los quemadores de petróleo de tipo generador, por lo general limita su uso a regiones aisladas. En algunos casos pueden usarse aspiradoras caseras para provocar un tiro. Los ventiladores necesarios para proporcionar aire adicional, así como los humos del petróleo, son factores perturbantes en el área del horno cuando se tiene que trabajar cerca de ellos. Si el local está en el exterior en regiones de clima cálido, esto no representa problema alguno, pero será necesario vigilar el funcionamiento del horno, pues los quemadores pueden obstruirse con peligro de explosiones.

Aunque son más costosos, el gas natural o el butano líquido son más convenientes y seguros. Para un horno de tamaño medio se necesita una línea de gas de cuando menos 5 cm de diámetro, que mantenga una presión de cuando menos 0.2 kg/cm² (2.3 lb/plg²), aunque el regulador grande que se necesita, la reducirá a una décima parte en el horno. Un horno grande trabajando con gas líquido requerirá un tanque de 200 lt. Cuando el tanque está a menos de la mitad, la presión decae, debido al enfriamiento que se produce por la combustión rápida de dicho gas. La presión del gas también se calcula en términos de la presión necesaria para elevar una columna de agua en un tubo de vidrio. De acuerdo con este sistema, una onza de presión (0.04 kg/cm²) equivale a 1.73 plg (4.3 cm) de presión de agua.

Para un quemado controlado y uniforme, es preferible usar varios quemadores Bunsen de tipo aspirante que uno solo grande de tiro forzado. Cerca del quemador debe conectarse una válvula de seguridad de tipo solenóide, para los casos de interrupción temporal del gas. Todas las líneas de gas deben ser herméticas, pues la

más pequeña fuga puede ser peligrosa. Al seleccionar el tamaño de los quemadores debe tomarse en cuenta un margen de seguridad. Tal como se mencionó antes, se requieren entre 21 000 y 22 000 Btu por cada 0.1 m³ de cámara interior del horno, incluyendo el área de combustión. Esta cifra supone que el aislamiento es adecuado y que el diseño general, el tiro y los demás factores de construcción son eficientes.

HORNO DE BARNICES DE PLOMO

Cuando se hornea cualquier barniz, siempre hay un pequeño porcentaje de los fundentes más activos que se volatiliza durante el proceso. En un horno a gas, estos vapores salen por la chimenea, pero en los eléctricos tienden a depositarse en la superficie barnizada durante el enfriamiento. Por lo general, esto no presenta problemas, pero en

el caso de un barniz de plomo, si crea un peligro potencial. El exceso de plomo sobre una superficie barnizada es inestable, pues carece de suficiente sílice y alúmina para formar una estructura química durable. Bajo estas condiciones, incluso los barnices de plomo formulados correctamente pueden desprender partículas tóxicas de compuestos de plomo al ser atacados por los ácidos de los alimentos. La solución consiste en perforar varios pequeños orificios cerca de la base del horno y en la parte superior de las paredes. Estos orificios deben ser más pequeños que los de observación, pues de otra forma se perdería demasiado calor. Esto proporcionará un flujo natural en la atmósfera del horno y eliminará los vapores de plomo del interior. A menos que el horno esté en una área ventilada y abierta, también es aconsejable equiparlo con una pequeña campana de extracción y un ventilador.

HORNEADO

El horneado, cocción o cochura consiste, básicamente, en los siguientes pasos:

- 1.- La introducción de los objetos al horno, o sea la carga o estiba.
- 2.- La cochura propiamente dicha.
- 3.- La extracción de los objetos.

La CARGA, o ESTIBA tiene como finalidad colocar en el interior del horno el mayor número posible de objetos, dejando espacio suficiente entre ellos para no obstruir el tiro, y repartiéndolos con la suficiente uniformidad para que la temperatura sea homogénea en todos los puntos del horno.

La COCHURA se divide en cuatro etapas:

- a) Resudamiento o ahumado. Este sirve para terminar de extraer de la pasta la humedad (llamada merma o agua química) que en el secado (agua física) no pudo eliminarse. En esta fase se procura hacer pasar por los objetos una gran cantidad de aire caliente.
- b) Cochura a pequeño fuego. Tiene por objeto deshidratar la arcilla (lo que resta del agua química), pues en su constitución hay siempre una proporción variable de agua que, entre 200 y 400 grados C., termina por extraerse. Aquí la temperatura debe de elevarse gradualmente y sin interrupciones hasta los 700 grados Centígrados.
- c) Cochura a gran fuego. En esta fase la pasta adquiere su coloración y dureza definitivas y en la cubierta se funden los colores aplicados. En esta fase la temperatura, atmósfera y distribución del calor en el horno debe ser muy bien controlada.
- d) Enfriamiento. El enfriamiento ha de ser lento si se pretende obtener una adecuada elasticidad en la pieza; será esta propiedad la que le dé resistencia a la pieza.

CONTROL DEL HORNO. -

Consiste principalmente en la medición de la temperatura, la fuerza del tiro y la naturaleza o tipo de atmósfera.

Para la medición y control de la temperatura existen diversas técnicas y herramientas:
Los pirómetros o instrumentos similares que miden la temperatura del horno y suelen incorporarse a la estructura de este o bien son introducidos por las mirillas del horno.

La extracción de las piezas, cuando esto es posible y no interrumpe el proceso de trabajo de modo significativo, es también un método de observación de las diversas fases de cocción.

La observación a través de mirillas colocadas en el horno es uno de los indicadores más comunes; en este método el color de los objetos, producido por el calor, es, según la temperatura, el siguiente:

R rojo naciente	525 grados C.
R rojo sombrío	700
C cereza naciente	800 a 900
C cereza clara	1000
A anaranjado obscuro	1100
A anaranjado claro	1200
B blanco	1300
B blanco soldante	1400
B blanco deslumbrante	1500

Sin embargo, el método industrial y semiindustrial más común es el uso de indicadores fusibles. Estos son pequeñas pirámides de base triangular conocidas como Conos. Los conos están formados por una mezcla de substancias comunes en la composición de las pastas y los esmaltes. Estos se funden y doblan al alcanzar cierta temperatura para la que fueron diseñados. Se colocan en un lugar visible durante la horneada y en un punto donde se registre la temperatura media del horno; en hornos mayores se colocan varios conos en diferentes zonas. La serie completa de conos va escalonada desde los 600 hasta los 1800 grados Centígrados. Al final de este capítulo aparece una tabla de referencia con los conos de uso más común del tipo Orton y de Segel.

Para la medición del tiro y asegurar la regularidad de las cocciones es necesario conocer las diferentes presiones que existen en el interior del horno; para ello se utilizan aparatos como el Manómetro. Más adelante, entre las notas de Nelson, veremos más detalles al respecto.

Con referencia a la naturaleza de la atmósfera, además de las notas de Nelson y un comentario del texto de Vitell que adelante incluimos, debemos tener claro que existen dos tipos de atmósferas en el interior del horno:

ATMOSFERA OXIDANTE. - Es la que contiene exceso de oxígeno. Aquí los óxidos de hierro son oxidados al máximo y esto provoca coloración de las pastas que tiende al rojo, al amarillo y a los colores pardos.

ATMOSFERA REDUCTORA. - Es la que contiene un exceso de gases quemados de modo incompleto. Según la proporción de dichos gases, la coloración de la pieza va del gris al negro.

El control de oxidación y reducción se obtiene cerrando más o menos durante la cocción, los conductos de humo que van hacia la chimenea.

En las páginas que siguen podrán estudiarse con detalle los puntos indicados arriba. Además de la tabla sobre los conos, incluyo una con las temperaturas promedio a las que se hornean diversos productos cerámicos.

CARGA Y OPERACION DE LOS HORNOS

La temperatura de bizcochado es en general entre cono 010 y cono 06, dependiendo del cuerpo de arcilla de que se trate. Las piezas bizcochadas deben ser suficientemente resistentes para permitir su manejo durante el barnizado, pero reteniendo también la absorción necesaria para lograr una buena adherencia del barniz. Aunque la colocación de las piezas en la cocción de bizcochado es muy diferente a la de horneado del barniz, en ambos casos debe existir cuando menos una separación de 0.5 cm entre las piezas y los elementos eléctricos. En un horno de gas, el espacio libre debe ser de 5 a 7 cm, para permitir el paso del calor y evitar zonas de sobrecalentamiento.

Las piezas deben estar completamente secas antes de bizcocharlas. Puesto que no existe el peligro de que las piezas se adhieran entre sí, pueden estar apiladas u en contacto, con lo cual es posible hornear pilas muy altas con gran economía de espacio. Sin embargo, debe tenerse cuidado de que los bordes de las bases coincidan para obtener un buen apoyo, y no deben colocarse piezas pesadas sobre otras más frágiles. En el caso de tazones grandes y poco profundos, es conveniente colocarlos invertidos, apoyados sobre sus bordes. Dentro de estos tazones se pueden colocar piezas más chicas. Las tapas deben hornearse en su posición precisa sobre la pieza para evitar que se deformen, y las de tipo alto con perillas pueden invertirse para ahorrar espacio.

Aunque esté aparentemente seca, la arcilla cruda contiene mucha humedad y el quemado debe iniciarse y mantenerse a baja temperatura durante varias horas. Las puertas del horno se pueden dejar entornadas o los orificios dejarse destapados para permitir la salida de esta humedad. Las piezas grandes y las obras escultóricas se hornear a una velocidad muy baja, para evitar que la humedad encerrada en las bolsas de aire ocultas llegue a reventar la pieza al convertirse en vapor.

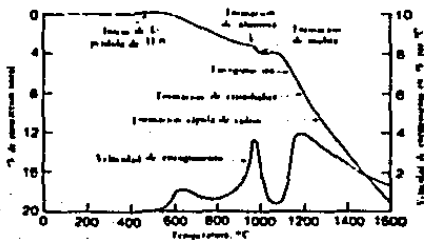
Los cambios químicos en el cuerpo son muy ligeros al principio del quemado. Cuando la temperatura sube de 350° a 400°F (157-200°C), la carga debe estar totalmente libre de humedad atmosférica, sin haberse produ-

cido encogimiento significativo. La mayor parte del agua de combinación química se elimina a una temperatura que fluctúa entre 950° y 1300°F (510°-705°C). Durante este período de vaporización del agua química se presenta un encogimiento considerable, al tiempo que se eliminan los gases de la descomposición de la materia orgánica. El quemado no debe ser demasiado rápido, pues el cuerpo está todavía muy frágil. A medida que la temperatura se aproxima a 1750°F (955°C) y llega a 1850°F (1010°C), se comienzan a formar cristales alargados de alúmina-silice ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), llamados mulita, que no se desarrollan por completo sino hasta llegar a las temperaturas de la cerámica compacta. Estos cristales proporcionan resistencia al cuerpo y, a medida que la temperatura aumenta, la silice adicional comienza a formar un vidrio que rodea a los cristales. Debido a la presencia de impurezas y a las diferentes composiciones que se usan, los cuerpos de arcilla adquieren su dureza máxima a diferentes temperaturas. La arcilla de cerámica porosa madura a 2000°F (1090°C), la cerámica compacta lo hace a unos 2350°F (1290°C), y la arcilla pura (caolín) a 3000°F (1650°C).

La mayoría de los ceramistas usan conos para medir el bizcochado que se lleva a cabo entre cono 06 y cono 010, pero algunos juzgan la madurez por el color rojo brillante de las piezas. Es necesario obtener una temperatura uniforme para lograr las características adecuadas de absorción para el barniz. Al llegar a la temperatura correcta, el horno eléctrico simplemente se apaga y se deja enfriar. Si el horno trabaja con combustible, se debe cerrar de inmediato la abertura de la chimenea para evitar que penetre aire frío a través de orificios de los quemadores, lo cual puede propiciar que se agrieten las piezas y los refractarios. El enfriamiento debe ser, al igual que el calentamiento, a una velocidad lenta. El registro del tiro puede abrirse después de 10 horas de enfriamiento, quitando también los tapones de los orificios, pero la puerta no debe abrirse por completo antes que la temperatura esté por debajo de 400°F (200°C). Es conveniente enfriar aún más lentamente las piezas muy gran-

des o muy pesadas. Un horno cero puede arruinarse en corto tiempo por falta de cuidado durante el quemado y el enfriamiento. Un horno debe durar en buen estado un promedio de 10 años.

El horno del barniz difiere en varios aspectos del bizcochado: la carga es diferente, la atmósfera puede variar y la temperatura final debe controlarse con precisión. Puesto que los barnices muy fluidos pueden escurrir, las placas de los entrepaños de carga deben recubrirse con una *lechada de hornos*. Este material se prepara con partes iguales de sílice (pedernal) y caolín, mezclados con agua para obtener una consistencia cremosa. Esta composición se aplica en varias capas, esperando a que se seque una completamente antes de aplicar la siguiente. Cuando una placa refractaria es nueva, conviene cubrirla con pintura de aluminio antes de aplicar la lechada. Se puede obtener una protección adicional espolvoreando una capa delgada de arena silicea gruesa. Los bordes de las placas deben limpiarse bien para evitar que queden algunas de estas partículas de arena, que pueden caer sobre las piezas barnizadas que están debajo. Todas las piezas barnizadas deben tener los bordes de las bases limpios hasta una altura de 0.5 cm. Los barnices muy fluidos, tales como los cristalinos y los rojos de cobre, pueden colocarse sobre una placa entera de un ladrillo refractario, para absorber el exceso que escurre.



Encogimiento lineal y velocidad de encogimiento para un sodio. (F. H. Norton, Elements of Ceramics, Addison-Wesley, 1932.)

Una carga uniforme sin zonas muy compactas producirá una hornada uniforme. No es conveniente hornear media carga, pues lo más seguro es que la temperatura no sea uniforme. Si las placas refractarias para las piezas se colocan de tal manera que sus posiciones no coincidan en el sentido vertical, el flujo de calor será más uniforme. En un horno eléctrico típico, las placas no deben estar cerca del fondo o del techo, pues esto hará que se desarrolle una zona fría en el centro de la carga. Las placas de prueba deben colocarse siempre en el centro, pues es muy raro que no exista una diferencia de temperatura entre la parte superior y la inferior. Para las placas de entrepaño de gran tamaño es necesario poner apoyos en el centro. Las cuñas de arcilla húmedas usadas para nivelar los postes un poco cortos, deben espolvorearse con sílice fina seca para evitar que se peguen. Si los entrepaños son de tamaño moderado, es conveniente usar tres postes para eliminar los problemas de nivelación. Como en el bizcochado, las tapas pueden quemarse colocadas en su posición, pero teniendo cuidado que las áreas de contacto estén libres de barniz. Muchas veces se producen manchas brillantes si se colocan piezas barnizadas en la parte superior y muy cerca de las paredes del horno, aunque es posible uniformar el calor de esta área colocando ladrillos en posiciones estratégicas. Las piezas barnizadas deben tener una separación de cuando menos 0.5 cm, pues la radiación de calor también puede abrillantar algunas áreas.

La quema de reducción significa que una parte del ciclo de horno se lleva a cabo con una cantidad inadecuada de aire y oxígeno para la combustión. Como resultado, el carbono libre en la atmósfera del horno se combina con el oxígeno de los fluidos metálicos del cuerpo y del barniz, y esta reducción altera el color final. En un quemador de ventilación forzada, esto se logra cortando el suministro de aire mientras que en un sistema de ventilación natural se cierra un poco la abertura de la chimenea, con lo cual el horno succiona menos aire. No es aconsejable provocar una reducción excesiva, pues no sólo se provoca que la temperatura disminuya dema-

stado, sino que además pueden aparecer erupciones en el cuerpo y el barniz se torna de un color gris sucio. En un horno de ventilación natural, las flamas de los quemadores se retraen ligeramente, y esto es todo lo que se necesita para una buena reducción y no la pirotemia de flamas y humo de lo que algunos estudiantes parecen gozar — hasta que se obtienen piezas ampilladas y reventadas. Debido a la presión que se crea durante la reducción, el operario no debe extraer los tapones de los orificios de observación con la cara muy cerca, pues la flama se expandirá horizontalmente cuando menos 30 cm. En los hornos altos con puertas de ladrillo, es conveniente que la puerta tenga una barra metálica de unión que presione los ladrillos, pues éstos pueden inclinarse hacia afuera.

La atmósfera debe ser oxidante durante la primera parte del ciclo de quemado para lograr la elevación de temperatura más eficiente. La reducción que se requiere para producir un color adecuado para el cuerpo, se logra entre conos 016 y 010. Al llegar a la temperatura máxima, se puede ajustar la abertura para obtener un fuego neutro o ligeramente reductor. El método usual consiste en cerrar un poco los quemadores después que han doblado los conos, para permitir una media hora de calor de remujo, con atmósfera de oxidación, durante la cual se estabilizan las variaciones de temperatura y se logra la tersura de la superficie del barniz.

El término *quemado de reducción* no debe confundirse con los *barnices de reducción*. Estos son barnices formulados especialmente para producir rojo de cobre y celadonitas.

En el quemado de estos barnices no se presenta un cambio real en el color del cuerpo, sino más bien una reducción en los óxidos colorantes del barniz, pasando de la forma de óxido a la metálica. De esta forma, el verde de cobre se transforma en un rojo vivo y el café rojizo de hierro se convierte en un verde grisáceo. En una quemada de reducción, la reducción del barniz empieza después que la del cuerpo, pero debe iniciarse antes que el barniz comience a fundirse. Puesto que la reducción provoca que la elevación de temperatura sea lenta, por lo general existe una alternancia de oxidación y reducción.

Si la oxidación es excesiva el color tiende a desaparecer. Las variaciones del color rojo de cobre van desde un azul, verde y rojo moteado, hasta un rojo púrpura o un rosa pálido, dependiendo de la secuencia de reducción, del espesor del barniz y del color del cuerpo.

Se puede obtener una *reducción localizada* añadiendo entre 0.5 y 1% de carburo de silicio (conocido comercialmente como carbonuro), de cuarenta mallas o más fino) a un barniz alcalino de cobre adecuado. El resultado suele ser un color rojo y púrpura moteado. Su única desventaja es la adaptabilidad a los hornos eléctricos. En los hornos eléctricos, la reducción puede lograrse introduciendo unas cuantas bolas de naftalina por los orificios de observación. El horno debe tener elementos de calibre grueso que tengan un buen recubrimiento de oxidación obtenido con quemadas previas. Las reducciones continuas terminan por inutilizar los elementos, pero si son ocasionales, no hay peligro para el horno.

El *barniz de sal* de una sola quemada se hornea hasta lograr la madurez del cuerpo. Para aplicar el barniz, se remoja en agua la sal de roca gruesa vertida en vasos de papel que se introducen con un alambre cada dos horas a través de los orificios a intervalos de 2 horas. Los hornos nuevos requieren más sal — unos 5.5 kg por cada metro cúbico de volumen de la cámara. Para registrar el curso del proceso de barnizado se cuelgan anillos de arcilla en los orificios del horno, que se van observando a intervalos periódicos.

1. Cocción en fuego reductor

Los antiguos hornos de leña permitían observar fácilmente lo que pasaba durante la cocción, ya que el combustible se introducía periódicamente. Tras de cada nueva carga la leña producía, al principio de su combustión, una atmósfera reductora, desprendiendo humo y óxido de carbono. Con la elevación progresiva de la temperatura la atmósfera se iba convirtiendo en neutra y después oxidante.

Para obtener un fuego reductor el encargado del horno puede cerrar parcialmente el registro de éste durante unos instantes, tras la introducción de la leña. Una cierta cantidad de leña verde provoca una reducción más fuerte. Para aumentar progresivamente el calor hay que crear alternativamente períodos de oxidación, seguidos de otros cortos de reducción. La aparición de humo negro, al nivel de observación y en la chimenea, indica una gran reducción. En los hornos de gas o de mazut (fuelóleo) la reducción es más fácil de conseguir: se reduce la llegada de aire a los quemadores, frenando a la vez el tiro. Estos hornos se emplean cada vez más por parte de los artesanos alfareros.

Para crear una atmósfera reductora en un horno eléctrico hay que introducir en él materias carboníferas, tales como trapos empapados en aceite, carbón de leña, azúcar o bolas de naftalina. Muchas veces se usa la técnica que consiste en hacer caer por el visor del horno, poco a poco, una cierta cantidad de fuelóleo o de petróleo. Estos procedimientos de reducción tienen el inconveniente de estropear a la larga las resistencias eléctricas.

No pueden darse reglas muy exactas referentes a las cocciones, porque dependen de los efectos buscados. Por métodos más o menos empíricos, cada artesano llegará a encontrar el grado de reducción más favorable para la fabricación de sus artículos.

Los conos pirométricos proporcionan al ceramista un método muy preciso para medir la *carga de calor* en el horno. El nombre es inapropiado, pues un "cono" pirométrico es en realidad un tetraedro o una forma piramidal de unos 4.5 cm de altura, con una base de 0.5 cm de anchura. Los conos están fabricados con un compuesto similar a un barniz. Cuando se ablandan por la acción del calor se doblan formando un arco, y cuando éste es completo, la temperatura corresponde al número del cono.

La base es sexada para indicar el ángulo apropiado al que debe colocarse en la placa de arcilla que lo sostiene. Por lo general se usan tres conos, por ejemplo, 6, 8 y 9 cuando la quema es a cono 8. Al doblar el cono 6, el operario sabe que se está aproximando a la temperatura de quemado y que es tiempo de estabilizar los quemadores y ajustar las aberturas. En un horno grande se deben colocar conos cerca de la parte inferior y de la superior, aunque no cerca de la puerta. Al doblar el cono 8, se cierran un poco los quemadores para sostener la temperatura durante el período de remojo. Si el cono 9 se ablanda el horneo ha sido excesivo. Casi todo los hornos producen temperaturas un poco más elevadas en la parte inferior, por lo que es conveniente colocar los barnices más duros en esta área. Si resulta difícil ver los conos cuando el horno está caliente, se puede soplar con un tubo a través del orificio para hacer contrastar el color del cono con el del medio circundante.

Una elevación de temperatura a ritmo lento, y el consiguiente alargamiento del período de tracción química, permite que los hornos maduren a temperaturas más bajas que cuando la elevación es rápida. Esta interdependencia entre el tiempo y la temperatura se llama *relación de carga de calor* y puede registrarse con conos pirométricos, pero no con *pirómetros*. El *pirómetro* consiste en un par de alambres soldados de metales diferentes, llamados *termopares*, que se inserta en el horno. Cuando éste se calienta, la pequeña corriente eléctrica que se genera en el termopar indica los cambios de temperatura en un milivoltmetro calibrado en grados F o C. El *pirómetro* es un instrumento útil cuando el operario esté haciendo ajustes para obtener la elevación de temperatura más eficiente, o cuando desea determinar el momento más apropiado para iniciar una revolución. Sin embargo, y a menos que el programa del ciclo de quemado sea siempre invariable, el *pirómetro* puede producir errores. La corrosión de los alambres debido al uso afecta la precisión de las lecturas, aunque esto se puede compensar ajustando el milivoltmetro. Los *termopares* y los *pirómetros* pueden obtenerse en rangos de altas y bajas temperaturas. Los de bajo costo, usados casi siempre por los ceramistas, no son muy confiables en un intervalo de temperaturas amplio; esto es, si la lectura para cono 8 es correcta, la de cono 04 puede ser inexacta. También existen *pirómetros ópticos*; éstos son bastante exactos, pero también resultan costosos. Para medir las temperaturas de los hornos, también se pueden usar *anillos horneados* que se pueden observar extrayéndolos durante la quema. Estos anillos eran muy comunes antes de que existieran los conos y constituyen todavía el único método existente para determinar la acumulación de sal en un horno.

Equivalencias de temperatura—Conos pirométricos Orton®

Cono número	Conos grandes		Conos chicos		Conos Seger (usados en Europa) °C
	150°C ^a	270°F ^b	300°C ^a	540°F ^b	
020	635	1175	666	1231	670
019	683	1261	723	1333	690
018	717	1323	752	1386	710
017	747	1377	784	1443	730
016	792	1458	825	1517	750
015	804	1479	843	1549	790
014	838	1540			815
013	852	1566			835
012	884	1623			855
011	894	1641			880
010	894	1641	919	1686	900
09	923	1693	955	1751	920
08	955	1751	983	1801	940
07	984	1803	1008	1846	960
06	999	1830	1023	1873	980
05	1046	1915	1062	1944	1000
04	1060	1940	1098	2008	1020
03	1101	2014	1131	2068	1040
02	1120	2048	1148	2098	1060
01	1137	2079	1178	2152	1080

^aTomado de la Fundación Cerámico Edward Owen Jr., Columbus, Ohio

^bVelocidad de elevación de la temperatura, grados por hora

Equivalentes de temperatura — Conos pirométricos Orton — (Continuación)

Cono número	Conos grandes		Conos chicos		Conos Super (medida en Europa) °C
	150°C ^a	270°F ^b	300°C ^a	540°F ^b	
1	1154	2109	1179	2154	1100
2	1162	2124	1179	2154	1120
3	1168	2134	1196	2185	1140
4	1186	2167	1209	2208	1160
5	1196	2185	1221	2230	1180
6	1222	2232	1255	2291	1200
7	1240	2264	1264	2307	1230
8	1263	2305	1300	2372	1250
9	1280	2336	1317	2403	1280
10	1305	2381	1330	2426	1300
11	1315	2399	1336	2437	1320
12	1326	2419	1335	2471	1350
13	1346	2455			1380
14	1366	2491			1410
15	1431	2608			1430

Fórmula de conversión

Grados centígrados a grados Fahrenheit

$$\text{ejemplo: } 100^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} = 180 \quad 180 + 32 = 212^{\circ}\text{F}$$

Grados Fahrenheit a grados centígrados

$$\text{ejemplo: } 212^{\circ}\text{F} - 32 = 180 \quad 180 \times \frac{5}{9} = 100^{\circ}\text{C}$$

MATERIALES PARA HORNOS

Debido al mercado industrial muchos materiales para hornos están disponibles en cualquier gran ciudad. Sin embargo, los precios pueden variar considerablemente. Incluso en los pueblos pequeños, los comerciantes de materiales para construcción pueden suministrar ladrillos refractarios y otros materiales.

Los ladrillos refractarios se fabrican con diversas composiciones, pero para el ceramista de taller, el ladrillo refractario de sílice-alúmina satisface muchos propósitos. Se producen diferentes grados para temperaturas de operación de 1600°, 2000°, 2300°, 2600° y 2800°F (870°, 1093°, 1260°, 1427° y 1538°C), y algunos pueden emplearse en temperaturas hasta de 3000° y 3200°F (1649° y 1742°C). Los ladrillos que se usan para las temperaturas de operación muy altas son más densos y menos aislantes. También son más costosos. Por consiguiente, no se deben comprar ladrillos de temperatura de operación superior a la necesaria. Para los hornos que trabajan en conos de 8 a 10, basta con usar ladrillos de 2600°F (1427°C). Para la curva del techo de horno existen ladrillos con formas especiales de arcos y cuñas. Un horno construido en su totalidad con ladrillo refractario duro consume mucho combustible, pues los ladrillos absorben y conducen una cantidad de calor considerable. Por fortuna, también se fabrica ladrillo refractario aislante poroso, cuya capacidad aislante es tres a cinco veces mayor que el denso. Aunque existen ladrillos refractarios aislantes

versos laminas. Casi siempre tienen un hueco

Existen postes de arcilla refractaria en di-

de los entrapados.
La vida de los refractarios auxiliares, en especial
daños a las piezas, sino que también pueden
de los lentos no sólo reducen las posibilidades de
entrapados que las cuadradas. Los cetros de quem-
enfriamiento y enfriamiento, dan mejores re-
que están sujetas a menores esfuerzos durante el
mactines y roturas. Las placas rectangulares,
sario colocar un poste central para evitar defor-
entrapado es de 60 cm de largo o más, es nece-
gas normales se usan espesores de 2 cm. Si el
formuladas para estas temperaturas. Para car-
cositas, dan un servicio más prolongado y están

Los refractarios auxiliares incluyen los en-
trapaños, los postes y otras piezas usadas en el
horno. Las placas muy gruesas de arcilla refrac-
ta que se utilizan antes han degradado al
sujer nuevos materiales. Las placas de silencia-
ta son adecuadas para las temperaturas de la co-
rástica parosa, y las de *carburo de silicio*, más

existen.
raura que existe entre las superficies interior y
y aislamiento térmico a la gran diferencia de temper-
grupos marcos, el material tiende a laminarse
Por lo general basta con un espesor de 1 cm. Con
cuando haya bastante espacio libre rodeándolo.
tiene una chimenea muy funcional, siempre y
en forma tubular pudiendo usarse así como con-
y el aislamiento. El traspase también existe
aislamiento entre la pared del ladrillo
entrapado y pueden servir como apoyo para los
de vigas de acero, pues permiten y reciben el
flora de los hornos pequeños tengan estructuras
pocos y laminas. Es útil que los postes exis-
mucho laminado, puede obtenerse en varias es-
El leante, nombre comercial del asbesto-ce-

El leante, nombre comercial del asbesto-ce-
nado de varios vertimientos de espesor.
aglutinante, y esta mezcla se aplica como apla-
refractaria y agua, usando silicio de sopleo como
tenido, se puede mezclar con arcilla con
lar un cetro alto y curvado, como el de tipo ca-
los los casos tiende a estar bastante fra. Para ais-

mejor aislamiento para la cámara, que en este to-
altura de 15 a 20 cm con el fin de obtener un

de usar vermiculita granular que se pone a una
partes superiores son bastante elevadas, se pue-

laminas proporcionan un buen aislamiento. Si las

Las laminas y bloques de asbesto de diversos
tura de ladrillo rojo.
dia de ladrillo refractario aislante y una capa ex-
ladrillo refractario denso, una porción interior.
siempre se construyen con una zona central de
llo común rojo. Los hornos de más de 9 m² casi
Para este propósito se puede usar inclinó ladril-
pero su capacidad aislante es muy considerable.
tienen una saliencia térmica mucho más baja,
reducir las pérdidas de calor. Estas materiales
no recubrimiento del refractario principal para

Se pueden usar otros materiales auxiliares en-
permanece en buen estado.

a la aglutinación de sal, pero el costo del horno
los quemadores requieren reparaciones débiles
de combustión cercanas a los orificios de
ladrillos de las puertas deben cambiarse, y las
un tiempo de operación más o menos largo, los
te para que las partes de sal. Después de
o de bariita común pueden usarse ocasionalmen-
tario. Con este sistema, los hornos de blococho
se deposita directamente sobre el ladrillo refrac-
barridos comunes, pues de esta forma, la sal no
para un horno de sal, que también se usa para
de aislamiento puede usarse como recubrimiento
dillos densos. Un refractario de colada de cal-
conducen el calor en la misma forma que los la-
los quemadores o aces pequeños. Son densos y
formas complicadas, tales como los orificios de
los refractarios de colada son muy útiles para
erto. Aunque son más costosos que los ladrillos,
estan y se cuidan en la misma forma que el con-
pequeños de operación. Estos refractarios se me-

Existen diversos tipos de refractarios de cola-
facilidad con una sierra común.

facilidad con una sierra común.
por y los ladrillos auxiliares pueden costarse con
más costosos, el consumo de combustible es me-
totalidad con ladrillos auxiliares. Aun cuando son
que también existen hornos construidos en su
cubrimiento aislante de los ladrillos densos, aun-
equivalentes en temperatura de operación a lo-

dos los de tipo denso, su costo es mucho más

central para ocasionar una expansión más uniforme. También se pueden cortar ladrillos aislantes de alta temperatura para fabricar postes. Sumergiendo los extremos de los postes de arcilla refractaria en pintura de aluminio, se reduce la tendencia de que se peguen a los entrepaños de carburo de silicio. Este problema no se presenta con los postes triangulares de barbotina de porcelana. Para algunas tapas y para las piezas que están barnizadas en su totalidad, se usan soportes triangulares de porcelana que establecen un contacto de puntos. Estos triángulos tienen a veces un alambre de níquel insertado que sobresale un poco para formar el punto de apoyo. Los puntos de contacto son pequeños y casi no se notan.

Temperaturas promedio a las que se hornean diversos productos cerámicos

Productos	°C	°F
<i>Materiales para construcción:</i>		
Ladrillo común-arcilla superficial	870-980	1600-1800
Ladrillo común-pizarra	980-1095	1800-2000
Ladrillo aparente-arcilla refractaria	1150-1260	2100-2300
Ladrillo esmaltado	1150-1260	2100-2300
Losas de drenaje	1927-1040	1700-1900
Tubo de albañal	1110-1270	2030-2320
Teja para techos	1070-1170	1960-2140
Terracota	1130-1270	2070-2320
<i>Alfarería</i>		
Floreros	860-1010	1580-1850
Cerámica compacta (química)	1450-1465	2650-2700
Cerámica compacta (una quema)	1270-1330	2318-2426
Vajilla semivítrea	1250-1290	2282-2354
Calcomanías cerámicas	760-815	1400-1500
<i>Refractarios</i>		
Ladrillo refractario-arcilla	1260-1370	2300-2500
Ladrillo refractario-silice	1450-1510	2650-2750
Carburo de silicio	1780-2200	3236-3992
<i>Cerámica blanca</i>		
Porcelana eléctrica	1310-1370	2390-2500
Vajilla de hotel-bizeochado	1310-1335	2390-2436
Vajilla de hotel-barniz	1210-1250	2210-2282
Cerámica de piso	1270-1370	2318-2498
Azulejo-bizeochado	1030-1290	1886-2354
Azulejo-barniz	640-1230	1186-2246

Al respecto de este capítulo sobre los hornos y el horneado es oportuno recordar que la práctica de la cerámica es incompleta si la pieza es sólo diseñada y conformada; que la decoración es básica ya lo hemos indicado, pero debemos insistir que su cocción es el paso final e imprescindible. Ocurre en la práctica escolar que esto se olvida, se pospone o, por falta de hornos, no se lleva a cabo. Un horno eléctrico es suficiente para realizar estas prácticas y un horno eléctrico es también un problema de innovación tecnológica interesante. Sin embargo, no es este tipo de horno el que nos dará las referencias reales de lo que ocurre en un proceso de horneado en la industria; por ello, si bien la cocción en horno eléctrico así como la realización de pruebas de pastas y cubiertas se puede llevar a cabo en hornos pequeños de este tipo, es imprescindible, en la práctica escolar, el hacer horneadas de piezas semejantes en hornos mayores de combustión.

El proceso de horneado de las piezas debe ser observado en talleres profesionales, pues de las técnicas peculiares en ellos utilizadas, se aprende más sobre las cubiertas y algunas técnicas en la cocción, que aquellas que muchos textos nos aportan. Esto se debe a la búsqueda de productividad y eficiencia que cada taller particular hace en función del diseño de sus hornos y la demanda de productos que tiene. Así por ejemplo, podemos encontrar casos en los que sin detener el proceso de cocción -sin una fase específica de bizcochado- se preparan piezas cerámicas que salen rápido, economizan combustible y adquieren colores muy atractivos. Hay otros casos en los que la innovación tecnológica permite hacer del horno una herramienta más perfeccionada y productiva a base de agregar quemadores especiales o utilizar materiales novedosos. Así pues, en esta fase de la producción cerámica, podemos tener el espacio más propicio para la innovación en lo referente al dimensionamiento y la forma del horno, las técnicas de combustión y distribución del calor, el tipo de atmósfera y las variaciones durante el proceso entre una atmósfera oxidante o reductora, la distribución de piezas en el interior del horno, etc., etc.

El horno es la herramienta más cara y productiva de una industria. El hogar donde se quema la cerámica artesanal es el espacio y, en términos del momento de la producción, el tiempo en la cerámica que más se aprecia y rodea de un sentido casi religioso; la razón es simple, en el horneado el cuerpo cerámico sufre la prueba más dura, y debe salir de ella firme y acabado.

PROCESOS

REVISION / EMPAQUE y TRANSPORTE

**** De aquí hasta el final, los comentarios que siguen valen también como referencias de carácter pedagógico para el taller escolar.**

Este es el último capítulo de los procesos. De nada sirven los cuidados puestos en la producción de la cerámica si no consideramos la realidad de que estos objetos habrán de ser distribuidos y entregados a usuarios que no suelen estar en las inmediaciones del taller. No podemos dejar de estudiar y considerar, desde el diseño mismo del objeto, esta situación. Por ello, en todo taller de cerámica y en toda enseñanza de este material y sus procesos, debemos tener en cuenta que el producto habrá de ser utilizado, exhibido o comercializado entre usuarios que se encuentran lejanos al taller y ajenos al conocimiento sobre si el producto que reciben es de primera calidad y satisface las necesidades del uso.

La Revisión se hace con el fin de separar las piezas, generalmente, en tres categorías. Piezas de primera o correctas en sus hechuras; segundas o piezas con algunas imperfecciones (generalmente en las cubiertas); y piezas incorrectas, rotas, mal quemadas o pegadas a otras en el horno -a veces estas piezas se venden como segundas y a veces hasta como piezas especiales por los efectos involuntarios que en ellas se lograron-; por supuesto que si se trata de un defecto poco apreciable pero importante para el ceramista, que sabe lo frágil o imperfecto de la pieza, se estaría cometiendo un fraude.

La revisión lleva a seleccionar piezas para su distribución, pero también lleva a establecer un control de calidad no solo útil para el usuario sino para el ceramista, que de él aprende los errores cometidos y los remedios posibles.

El empaque es toda una especialidad tratándose de la cerámica que ha de ser transportada lejos y bajo condiciones difíciles o impredecibles. Existen empresas dedicadas a esta tarea y especialistas que saben aprovechar la forma misma de los objetos para acomodar en su interior otras piezas, utilizar su perfil para apoyarse e, inclusive, acomodar en su interior otras de materiales distintos. La fragilidad del material cerámico es sin duda grande, pero si se trata de piezas de paredes anchas y reforzadas, su empaque es más una cuestión estética, para la presentación comercial, que una necesidad para la protección de la pieza.

El transporte, finalmente, debe ser considerado desde la etapa misma de diseño como un problema sin importancia cuando la distribución es regional, o bien como un factor determinante cuando se trata de productos que han de ser enviados en vehículos con riesgos de romper la pieza. Este es el caso más común en la producción rural de artesanía e inclusive cuando estas piezas han de ir hacia el extranjero y se realizan en la ciudad. Cuando el diseñador trabaja con este tipo de talleres, en los que es común la hechura de cerámica de baja temperatura, debe considerar como parámetro básico de diseño el empaque y el medio de transporte.

COMERCIALIZACION Y DISEÑO

Sin ser un proceso, pero sí un fase imprescindible en la existencia de los productos cerámicos, la comercialización o, en otros términos, la distribución y el consumo, cualquiera que sea la modalidad del mercado, es fundamental y nos conduce, cuando hablamos de ésta en relación al diseño industrial, a uno de los temas más atractivos y extensos de la teoría del diseño. Este trabajo no pretende abarcar esos espacios temáticos, sin embargo no podemos dejar de mencionar la importancia que tiene la vinculación del tema distribución y consumo con el de diseño. Este tema trae a colación los tópicos necesidad y razón de ser de un producto y los confronta con creatividad y requerimientos de diseño. Sin ir demasiado lejos en consideraciones, podemos asegurar en principio que los factores del mercado, los de carácter económico y los de carácter social y cultural son los elementos más significativos en la definición del uso de un material, un proceso y una forma de diseño; esto sin desdén de todas las posibilidades que ofrece una cultura y la personal interpretación que el diseñador puede hacer de alternativas y variables posibles. Y debemos recordar que, no obstante los múltiples centros de interés que pueden atraer al creativo diseñador en su trabajo con los materiales cerámicos, sigue siendo la razón última de la existencia de un producto de diseño industrial, el uso que otro ser humano puede hacer de dicho objeto. Esto en conjunto significa que si no se contempla el panorama completo de procesos que hemos reseñado en este trabajo, y entre ellos que el diseño debe ir dirigido a un usuario real, la creación de objetos cerámicos no pasará de ser, a nivel escolar, más que una práctica fragmentada y un ejercicio aislado sin fundamento pedagógico ni sentido social.

¿Cuáles son los diversos factores a considerar como parte del diseño cuando hablamos de la comercialización? Básicamente son tres:

- 1.- Cultura, hábitos de consumo y disposición del usuario para adquirir y utilizar el objeto en cuestión.
- 2.- Las condiciones del mercado en los aspectos de dimensión, tipo de empresas comerciales que distribuirán los productos, propaganda, condiciones de pago y ciclos probables de la mercancía.
- 3.- Capacidad real para darle respuesta eficiente a las determinantes previas; y esto nos conduce al tema siguiente.

COSTOS, INSTALACIONES Y NECESIDADES DIVERSAS DE UN TALLER DE CERAMICA

Dos distinciones tenemos que hacer en las consideraciones al respecto: una, la de instalación y servicios para un taller o industria profesional, y otra, las consideraciones equivalentes para un taller escolar. Las diferencias serán obvias en lo que respecta al sentido de las actividades productivas que se hacen en uno y otro, las responsabilidades distintas en cada caso y el tipo de recursos e instalaciones con que se dispondrá.

El taller escolar debe de contar con equipos y herramientas, en ocasiones duplicados para facilitar la práctica del estudiante, no necesariamente con equipos simples u obsoletos, básicamente con simuladores, muestras y medios didácticos diversos. Debe facilitar la comprensión cabal de las herramientas y los materiales utilizados, por encima del uso productivo que éstos tengan; en pocas palabras, deben estar ahí las máquinas para aprender a utilizarlas y no para reservarlas con usos productivos comerciales. La materia prima debe ser abundante en variedad más que en cantidad. Las instalaciones tendrán que facilitar el trabajo en equipo y las clases teóricas o de "pizarrón". Los técnicos, profesores y estudiantes deberán fundamentalmente estar comprometidos y muy claros con respecto al sentido pedagógico y los fines de la educación propuestos como programa de trabajo. Esto significa trabajar con la disciplina que caracteriza un taller escuela, aquella que busca en este caso formar diseñadores y no producir objetos bonitos. Los objetos bellos vendrán luego, cuando el egresado sea un profesional bien capacitado y consciente de los límites y posibilidades del material cerámico.

Las consideraciones para un taller artesanal, semi o industrial deben ser estudiadas y analizadas por el alumno para comprender cómo opera una fábrica en las condiciones reales de la economía nacional y regional. El estudio de costos, administración de talleres y microeconomía no debe ser asunto ajeno al diseñador. Un técnico especialista en todos los procesos de manufactura y diseño de piezas cerámicas ha de ser realista con las condiciones que determinan la producción de sus piezas. Uno de los factores más importantes es el análisis de costos -ni en éste ni en los tópicos siguientes profundizaremos aquí; todos ellos son importantes y aunque se salen de la dimensión de este trabajo, no podían dejar de considerarse en esta relación-. Los costos giran alrededor de los rengiones siguientes:

- * Mano de obra -calificada y aprendices-.
- * Materia prima -disposición, calidad, almacenaje y reposición-.
- * Equipo, herramientas e instrumentos -mantenimiento, renovación y uso adecuado-.

* Instalaciones, servicios y recursos adicionales de administración, venta y financiamiento.

Todos ellos determinan el modo de operar y el tipo de producto por obtener, y no lo contrario.

Finalmente, y en lo que respecta a la enseñanza de la cerámica, el estudiante de diseño debe revisar los procesos y necesidades equivalentes en otros materiales como el vidrio, los plásticos, el metal fundido, etc. Con ello aprenderá que ciertas necesidades y productos pueden resolverse con materiales diferentes; y también podrá extrapolar técnicas y recursos de unos y otros, dándose cuenta, entonces, que siendo muy similares los principios en los que se sustentan los procesos, algunas máquinas y tecnologías pueden, o bien aprovecharse directamente o ser rediseñadas, para satisfacer necesidades técnicas que, de manera eficiente, son resueltas en la elaboración de objetos con materiales distintos a la cerámica y, sin embargo, muy semejantes en su transformación.

GLOSARIO y BIBLIOGRAFIA BASICA de CERAMICA

En las páginas siguientes aparece un glosario y una bibliografía básica.

El glosario es del texto de Nelson. La bibliografía cubre algunos de los libros básicos consultados para la realización de este trabajo en lo que respecta a la cerámica. En la bibliografía se indica, con un asterisco adelante del título aquellos que considero los más atractivos y claros, los más útiles para el estudiante de la materia. La bibliografía, por supuesto, es básica y no cubre la totalidad de los títulos publicados. El completar ésta, así como el glosario, debe ser tarea del estudiante del taller; especialmente el traducir y renovar el glosario constantemente a los términos regionales y tecnicismos, tan comunes en cualquier actividad productiva y ancestral como lo es la CERAMICA.

Glosario de Términos Cerámicos

Absorbencia. La capacidad de absorción de agua de un material (arcilla, yeso, etc.).

Acido. Uno de los tres tipos de compuestos químicos que constituyen un barniz, siendo los otros las bases y los compuestos neutros o intermedios. El grupo ácido se representa como RO_2 . El ácido más importante en la cerámica es la sílice.

Agente reductor. Material del cuerpo o del barniz, tal como el carburo de silicio, que se añade para combinarlo con oxígeno y formar monóxido de carbono durante la quema.

Aglutinantes. Diversos materiales, gomas, alcohol polivinílico, metilcelulosa, etc., empleados para aumentar la adhesión de los barnices o para impartir resistencia a una pasta vaciada o prensada.

Agua química. El agua (H_2O) químicamente combinada en los compuestos de la pasta y del barniz. Esta agua comienza a desprenderse del cuerpo y del barniz a unos 450 °C durante el ciclo de quemado, eliminándose en forma de vapor. Aunque esto significa una pérdida de peso, el encogimiento que se presenta en este punto es bastante pequeño.

Alabeo. Deformación o distorsión de una pieza cerámica durante el secado, debido a un espesor desigual a las paredes o a una corriente de aire caliente, o durante el quemado a causa de un calentamiento no uniforme.

Alcali. Nombre general de los compuestos básicos de sodio y potasio, aunque también se asigna a los de calcio y magnesio. Los álcalis funcionan como fundentes y se combinan con facilidad con la sílice a temperaturas relativamente bajas.

Alfarería. Parte de la cerámica que incluye las piezas fabricadas para vajijas, tanto utilitarias como ornamentales.

Alúmina (Al_2O_3). Ingrediente muy importante de todas las arcillas y barnices. Es el óxido principal del grupo neutro (R_2O_3), e imparte resistencia y mayor temperatura de maduración a las pastas y barnices. Cuando se incluye en un barniz, ayuda a la formación de texturas mate, inhibe la desvitrificación y aumenta la viscosidad del barniz durante el horneo.

Amasado. Preparación de las arcillas con los dedos y las palmas de las manos, para darles una consistencia uniforme en el estado plástico.

Amasadora horizontal. Máquina que amasa arcilla plástica en forma de cilindros gruesos. Se le llama también extrusora.

Anejamiento. La exposición de una arcilla cruda a la acción de la lluvia, el sol, el frío, etc., que provoca una mayor desintegración de las partículas y aumenta la plasticidad de la arcilla.

Arcilla. Producto de la descomposición de rocas de tipo granítico. Para que se pueda clasificar como arcilla, la roca descompuesta debe tener partículas muy finas para que sea plástica. Las arcillas deben estar libres de materia vegetal, pero con frecuencia, contienen otras impurezas que afectan al color y a las temperaturas de quemado. Se clasifican en diversos tipos, tales como arcillas de bola, arcillas refractarias y arcillas de engobe. La arcilla pura se expresa químicamente como $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Arcilla cocta. Una arcilla que tiene poca plasticidad.
Arcilla china. Véase Caolín.

Arcilla de Albany. Arcilla natural que contiene suficientes fundentes para poder funcionar por sí misma como engobe o barniz. Desarrolla un barniz café negrozco oscuro a conos R-10 sin adiciones. Puesto que se extrae de varias localidades de Albany, Nueva York, su composición puede variar un poco de un lugar a otro. Las primeras alfarerías que existieron en los Estados Unidos utilizaban arcillas similares a ésta, provenientes de diferentes áreas del país, para la fabricación de cerámica compacta.

Arcilla de bola. Arcilla de grano muy fino, sedimentaria y de alta plasticidad. Aunque las arcillas de bola contienen mucha materia orgánica, después de hornear son blancas o casi blancas. Generalmente se añaden a las pastas de porcelana y de cerámica blanca para aumentar la plasticidad.

Arcillas de cerámica compacta. Arcillas más plásticas que una pasta de porcelana, que se queman a conos R o más.

Arcilla de engobe. Arcillas tales como las de Albany o Michigan, que contienen suficientes fundentes para actuar como barnices con pocas o ninguna adición.

Arcilla grasa. Nombre con el que también se conoce a las arcillas de bola, debido a que tienen una apariencia grasa al tacto.

Arcilla larga. Arcilla de alta plasticidad, sinónimo de arcilla grasa.

Arcilla refractaria. Una arcilla que tiene un porcentaje de fundentes ligeramente superior al de las arcillas puras (caolines). Al quemar produce un color ante o gris y se usa en la fabricación de materiales refractarios, tales como ladrillos, mullas, etc., para hornos industriales de vidrio y acero. Suele ser bastante plástica y puede utilizarse en el taller de un ceramista como ingrediente de las pastas de cerámica compacta.

Argamasa. Pasta arcillosa espesa que se usa para unir dos piezas o partes de cerámica semiritada.

Aspersión. Aplicación de barnices con una máquina de aire comprimido. Este es el método de aplicación más importante en la cerámica comercial.

Atmósfera de reducción. Quema con insuficiencia de oxígeno; el monóxido de carbono que se forma se une al oxígeno del cuerpo y del barniz para formar dióxido de carbono, lo que produce cambios de color en ambos materiales.

Atmósfera neutra. Atmósfera que no es ni reductora ni oxidante. En realidad, en la práctica sólo puede obtenerse alternando las atmósferas oxidante y reductora.

Atmósfera oxidante. Quema durante la cual la cámara del horno retiene un exceso de oxígeno. Esto significa que la combustión en la cámara de horno debe ajustarse perfectamente. Un horno eléctrico siempre produce una atmósfera oxidante.

Aventurina. Barniz constituido por un fundente de sodio, plomo o boro, con un exceso de óxido de hierro (más de 6%). Cuando se enfila lentamente, se forman cristales de hierro, los cuales brillan reflejando la luz por debajo de la superficie del barniz.

Bajobarniz. Decoración coloreada que se aplica sobre la pieza bisecada antes de hornizarla.

Boñado. Aplicación del barniz sumergiendo las piezas en una vasija llena del barniz en suspensión líquida delgada.

Borbotino. Arcilla o pasta arcillosa en suspensión líquida.

Barniz. Suspensión líquida de minerales finamente molidos, que se aplica por boñado, brocha o aspersión, sobre la superficie de piezas cerámicas bisecadas. Después de barnizadas, las piezas se hornear a la temperatura de fusión de la mezcla de los ingredientes del barniz, para formar un recubrimiento vítreo.

Barniz de sal. Barniz que se obtiene arrojando sal ($NaCl$) en un horno caliente. La sal se vaporiza y se combina con la sílice del cuerpo para formar silicato de sodio, que es un barniz vítreo duro. Los hornos para barnices de sal son de construcción un poco diferente y están limitados a este tipo de barniz.

Barniz controlado. Barniz que contiene pequeñas cantidades en la superficie. Las cantidades son decorativas y frecuentemente se necesitan fríos para un colorante. Son causadas durante el enfriamiento por las diferentes velocidades de contracción del cuerpo y del barniz después del horreo.

Barniz mate. Barniz con superficie sin brillo, pero de acabado terso, que no debe confundirse con una superficie mal barnizada. Las superficies mate pueden obtenerse mediante la adición de carbonato de bario o alúmina en un ciclo de enfriamiento lento.

Barnices cristalinos. Barnices caracterizados por formaciones cristalinas de diversas formas y colores, suspendidas en un barniz uniforme y opaco. Los cristales son de mayor tamaño que en las aventurinas y en ocasiones pueden cubrir la totalidad de la superficie. Los ingredientes que se emplean para formar los cristales son hierro, cal, zinc o rutilo, con un fundente alcalino, alta sílice y baja alúmina. Es necesario contar con un ciclo de enfriamiento lento para que se desarrollen bien los cristales.

Barnices cuarteados. Defectuoso indeseable que se presenta en los barnices por diferencias de contracción con respecto al cuerpo. Cuando se controla como efecto decorativo se le llama barniz estrella de (crackle).

Barro. Arcilla natural muy plástica que al quemar produce un color rojo ladrillo.

Base amarilla. Colorante cerámico que se produce calcinando una mezcla de plomo rojo, óxido de antimonio y óxido de estaño.

Batea. Un disco o placa de yeso sobre la cual se modela y se secan pastas cerámicas. También se emplea para extraer el exceso de humedad de una arcilla plástica.

Bentonitas. Arcilla sumamente plástica, formada por la descomposición de cenizas y volcánicas, que se usa para impartir plasticidad a las arcillas ceras y para ayudar a las características de suspensión de los barnices.

Bisecochado. Horno preliminar para endurecer las piezas, por lo general a como 610, previo al barnizado.

Bisecocho. Pieza cerámica horneada sin barnizar.

Blanco de España. Carbonato de calcio (CaCO_3), químicamente similar a la piedra caliza y al mármol; fundente para altas temperaturas.

Caballitos. Trípode cerámico sobre el que se colocan piezas barnizadas para hornearlas. Los trípodes con puntas de alambre de níquel nicromo sirven para reducir al mínimo los daños a la capa cruda de barniz. Nunca se usan para porcelana de alta temperatura, la cual debe estar totalmente apoyada para que no se deforme durante el quemado.

Cabina de aspersión. Cabina equipada con un extractor de ventilador para polvos, que se usa para aplicar barnices con una pistola de atomización.

Caja húmeda. Gabinete recubierto de metal donde se guardan los objetos de arcilla sin terminar, para evitar que se sequen.

Cabración. Tratamiento térmico de un material cerámico o de una mezcla para eliminar el agua química, el óxido de carbono y otros gases volátiles. Puede presentarse cierto grado de fusión, en cuyo caso el material tiene que moldearse. Este es el proceso empleado en la producción de yeso mate, cemento Portland y colorantes cerámicos.

Cámara de combustión. Zona de quemado del combustible, gas, petróleo o madera, por lo general, situada directamente debajo de la cámara principal del horno.

Candín. (Al₂O₃ · 2SiO₂ · 2H₂O). Arcilla pura, también llamada arcilla china. Se usa en barnices y pastas de porcelana, y es de color blanco después de quemar. Los candines volúmenes de Florida son más plásticos que los tipos residuales de Carolina y Georgia.

Carbonato de bario. (BaCO₃). Se usa en combinación con otros fundentes para formar mates de baja temperatura. Cuando se añade un porcentaje bajo (0.25 a 2%) a un cuerpo de arcilla, se evita la mancha blanca que producen los sulfatos solubles en las pastas de barro rojo y cerámica porosa.

Cenizas. En general, las cenizas de árboles, paja, follaje, etc. Se usan mucho en el Extremo Oriente como constituyentes del 40-60% de los ingredientes de los barnices de alta temperatura. Dependiendo del tipo de cenizas, contienen de 40-75% de sílice, 5-15% de alúmina y pequeñas cantidades de hierro, fósforo, cal, potasio y magnesio.

Cerámica humedada. Pasta dura de cerámica compacta, de color negro y sin barnizar, desarrollada en 1775 por las fábricas de Wedgwood de Inglaterra para imitar las piezas clásicas.

Cerámica blanca. Pasta cerámica de color blanco o ligeramente crema.

Cerámica compacta. Cerámica de alta temperatura (como 8 o más) con poca o ninguna absorción. Por lo general, es gris, pero también puede ser de color crema o rojizo. La cerámica compacta es similar en muchos aspectos a la porcelana, siendo la principal diferencia el color, que es el resultado de la presencia de hierro y otras impurezas en la arcilla.

Cerámica de Delft. Pasta de color claro cubierta con un barniz de plomo-estaño, con decoración. Sobrebarra de azul cobalto, que se aplica sobre el barniz crudo. La cerámica de Delft se originó en Holanda como imitación de la porcelana china azul y blanca.

Cerámica della Robbia. Esculturas cerámicas de terracota barnizada, por lo general en relieve, producidas en Florencia por Luca della Robbia y su familia durante el siglo XV. El barniz usado era del tipo mayólica de plomo estaño desarrollado en España.

Cerámica porosa. Cerámica de baja temperatura (inferior a 2000°F, 1090°C) por lo general, de color rojo o crema claro, con una absorción de 5-20%.

Coefficiente de expansión. La relación entre la variación de longitud de una masa de material y la temperatura.

Colorante. Algunas veces es un solo óxido colorante, pero por lo general se trata de una combinación de óxidos más alúmina, pedernal y un compuesto fundente. Esta mezcla se calcina y después se muele a un polvo muy fino y se lava. El propósito es el de formar un agente colorante estable que no se altere por la acción del barniz o el calor. Los colorantes cerámicos se usan en el barniz, como barnices y sobrebarnices y como colorantes del cuerpo.

Colorantes sobrebarniz. Colorantes conteniendo óxidos, un fundente y algún tipo de aglutinante. Los fundentes son necesarios para permitir que la mezcla funda sobre el barniz. Las temperaturas bajas (aproximadamente como 016-013 a las que se hornean los sobrebarnices, permiten el uso de colorantes que resultan inestables a temperaturas más elevadas.

Conos piramétricos. Pequeñas piezas piramidales (de 2 1/2 a 4 cm de altura) hechas de materiales cerámicos mezclados en proporciones tales que el cono se dobla y funde a temperaturas específicas, lo que permite al operario determinar el momento en que el quemado ha llegado al punto deseado.

Contracción. Véase encogimiento

Costilla. Herramienta hecha de madera, hueso o metal, que se usa manualmente como guía del torneado o para compactar la arcilla

Cuarter. Estrelladuras excesivas e indeseables en la superficie del barniz, que llegan a penetrar hasta la pasta. Se corrige ajustando la composición del barniz o de la pasta para obtener una relación de contracciones más uniforme.

Cuarzo. Pedernal o sílice (SiO_2).

Cuarzo. Véase Sílice.

Chamota. Arcilla bizcochada que se tritura o se muele a diversos tamaños de partículas. Se usa para reducir el encogimiento en productos cerámicos tales como piezas de terracota escultórica y arquitectónica, las cuales, debido a su espesor, presentan problemas de secado y quemado. Se puede usar de

20-40% de chamota, dependiendo de la cantidad de detalle de la pieza y del método de formado.

Decoración con jeringa. Método para decoración con engobes espesos, en el cual se usa una jeringa de hule.

Desconchado. Separación del barniz o de un engobe de la pasta del cuerpo. El desconchado puede ser causado cuando se aplica un engobe a una pasta demasiado seca, o cuando la capa de barniz es muy gruesa o la superficie bizcochada tiene polvo.

Desflorante. Carbonato o silicato de sodio, como puestas que se usan en las barbotinas de vaciado, para reducir la cantidad de agua necesaria para mantener una buena suspensión.

Encogimiento. La contracción de una arcilla o de una pasta durante el secado o el horneo. En el ciclo de quemado, el principal encogimiento para las pastas de cerámica compacta se inicia a aproximadamente 900°C (1652°F). Las arcillas de cerámica porosa empiezan a fundir y a encogerse a temperaturas un poco más bajas.

Engobe. Preparación líquida de características intermedias entre una arcilla y un barniz; contiene arcilla, feldespato, pedernal, un fundente y colorantes. Algunas arcillas funcionan como engobes por sí solas. Se puede usar sobre piezas crudas o bizcochadas.

Esmalte. Aunque en muchos casos se usa el término esmalte como sinónimo de barniz, un esmalte es un barniz de alto brillo formulado con fundentes de plomo, que generalmente se usa como decoración sobre barniz.

Esmalte de estaño. Término empleado incorrectamente por muchos historiadores antiguos, para describir el barniz de tipo mayólica de estaño-plomo. Lo usaban mucho los turcos y los ceramistas de la época final de la dinastía Ming y en la China.

Espinel. Químicamente, aluminato de magnesio (MgAl_2O_4), cristal muy duro con una estructura atómica octaédrica. En la cerámica, se le llama espinel a cualquier cristal empleado como colorante y que tenga este tipo de estructura atómica, debido a que tiene mayor resistencia a los cambios causados por la acción de los fundentes o de las temperaturas.

Estuches refractarios. Recipientes cilíndricos de arcilla refractaria que se usan en los hornos sin mufla. Las piezas barnizadas se colocan en los estuches para evitar el contacto directo de los gases con la fusión con el barniz.

Eutéctico. El punto de fusión más bajo de una mezcla de materiales constitutiva de un barniz. Siempre

es inferior a los puntos de fusión de cualquier uno de los componentes.

Extrusora. Véase Amasadora horizontal.

Faenza. Cerámica porosa cubierta con un barniz de plomo estaño; término que describe la cerámica porosa que se deriva del nombre de un centro cerámico cercano a Faenza, Italia que, durante el Renacimiento, producía estas piezas como imitación de la mayólica española. (Véase también Mayólica y cerámica de Delft.)

Flor de durazno. Barniz de rojo de cobalto, obtenido por reducción, con un color de rosa durazno característico.

Fórmula empírica. Fórmula de un barniz expresada en proporciones moleculares.

Frita. Barniz parcial o completo que se funde en forma de vidrio y se muele, con el propósito de eliminar los efectos tóxicos del plomo o la solubilidad del bórax, carbonato de sodio, etc.

Fundente. El compuesto de punto de fusión más bajo de un barniz, tal como plomo, bórax, carbonato de sodio o cal, incluyendo el sodio y el potasio del feldespato. Los fundentes se combinan con facilidad con la sílice y, por lo tanto, ayudan a que los compuestos de sílice alúmina, de punto de fusión altos, formen un vidrio.

Gelata. Sulfato de plomo, usado como fundente para barnices de cerámica porosa, más común en Europa que en América.

Goma arábiga o goma de tragacanto. Gomas naturales que se emplean en los barnices como aglutinantes para lograr una mejor adherencia a la pasta. Los aglutinantes son necesarios para barnices fritados que contienen poca o ninguna arcilla. También son muy útiles cuando el biscochado resulta accidentalmente demasiado alto, o bien, para retocar barnices horneados. La goma se quema y desaparece por completo durante el horneo.

Gres. Pasta de cerámica compacta preparada con arcillas impuras que imparten una coloración que va desde el café claro hasta el tinto oscuro.

Horneo del barniz. Ciclo de quemado a la temperatura a la cual los ingredientes del barniz funden para formar el recubrimiento vítreo. Por lo general, corresponde al punto de maduración máxima del cuerpo y es bastante más alto que la quema de biscochado. Sin embargo, la porcelana fina, que puede deformarse con facilidad, se suele biscochar a alta temperatura, horneando después el barniz a temperaturas más bajas. Para evitar deformaciones en los biscochados de alta temperatura, las piezas se colocan invertidas sobre sus bordes o con discos

protectores sobre los labios y, unas pocas pueden biscocharse enterrándolas en arena de sílice.

Horno. Equipo de calentamiento a altas temperaturas, construido de materiales de arcillas refractarias y que se usa para quemar productos cerámicos.

Horno mullido. Horno con una envoltura protectora, en contraste con los de fuego directo, en los cuales se usan cajas refractarias para proteger las piezas.

Ilmenita. $(TiO_2 \cdot FeO)$. La fuente más importante de titanio. En forma granular se usa para decorar los barnices con efectos moteados. Por lo general se espolvorea sobre el barniz húmedo en un cachelo.

Inmersión. Véase Bañado.

Kanthal. Aleación metálica especial producida en Suecia, que se usa para alambre o láminas de elementos para hornos eléctricos operando de 2000 a 2400°F (1100 a 1320 C).

Lechada de horno. Recubrimiento protector que se aplica sobre los entrepaños del horno para evitar que el exceso de barniz adhiera las piezas a los refractarios. La lechada más económica y efectiva consiste en partes iguales de pedernal y cenizas.

Losa. Término muy vago que se refiere a cuerpos de pasta blanca horneados a baja temperatura. Por lo general, son semivitrificados y con una absorción de menos de 2%. Pueden ser translúcidos.

Losa de frita. Losa brillante y translúcida producida por adición de una frita a la pasta del cuerpo.

Lustre. Tipo de decoración metálica que se creó fue descubierta en Egipto y se desarrolló totalmente en Persia durante los siglos XIV y XV. Es una mezcla de sales metálicas, resinas y nitrato de bismuto, que se aplica sobre una pieza barnizada para volverla a hornear a temperaturas más bajas. Sin embargo, esta temperatura debe ser suficiente para fundir el metal y dejar una capa delgada sobre las porciones decoradas.

Madurez. La temperatura o el tiempo en los cuales una arcilla o una pasta cerámica desarrollan las características buscadas de dureza y densidad máximas; es también el punto en el cual los ingredientes de un barniz funden por completo conjuntamente, desarrollando una fuerte adherencia con la pasta, una estructura estable, máxima resistencia a la abrasión y una textura superficial placentera.

Mayólica. Cerámica porosa cubierta con un barniz blando de plomo estaño, frecuentemente decorada con lustres. Este tipo de cerámica se originó en España y derivó su nombre de la isla de Mallorca, que estaba en la ruta comercial naviera a Italia. Faenza fue muy influida por estas importaciones españolas.

- En todos los hornos refractarios de este tipo se le conoce como mayólica.
- Mézlador.** Máquina de mezclarlo con paletas giratorias que se usa para preparar grandes cantidades de barbotinas o barnices.
- Molde.** Forma hueca, generalmente de yeso, que contiene el contorno negativo de una pieza. La forma positiva se obtiene vaciando una suspensión de yeso o una barbotina de arcilla. (Véase vaciado.)
- Molino de bolas.** Jarra de porcelana con bolas de porcelana o de pedernal, que se hace girar para moler materiales en seco o en húmedo. Se usa para mezclar y moler barnices e ingredientes de las pastas.
- Mulla.** Recubrimiento de materiales refractarios, formando la cámara del horno, alrededor de la cual pasan los gases calientes hacia la chimenea. Su propósito es el de proteger las piezas de las flamas directas o de las impurezas resultantes de la combustión. Algunos de los paneles de las mullas pueden retirarse para obtener atmósferas de reducción.
- Mullitas.** Cristales alargados que forman la red estructural de las pastas cerámicas. Es un silicato de aluminio ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) que se comienza a formar a temperaturas entre 1950° y 2200°F (1010° y 1200°C). Esta formación es la principal causa de la mayor dureza de la cerámica compacta y la porcelana, y de la mayor unión que se desarrolla entre el barniz y la pasta.
- Opacificante.** Producto químico cuyos cristales son relativamente insolubles en el barniz, con lo cual impiden la penetración de la luz a través del mismo. El color más apreciado es el blanco, aunque para otros propósitos, hay otros tonos igualmente efectivos. El óxido de estaño es, con mucho, el mejor opacificante. También se usan los óxidos de titanio y zirconio. Existen muchos otros óxidos que resultan efectivos en ciertas combinaciones y en intervalos de quemado limitados. Estos opacificantes se venden comercialmente con nombres tales como Zircopax, Ulitox, Opax y Opamex.
- Orificio de observación.** Orificio en la pared del horno, a través de la cámara de quemado o de la mulla, para observar los conos o el proceso de combustión.
- Oxidos cúprico y cuproso.** Los óxidos del cobre (CuO y Cu_2O), que se usan como colorantes verdes. También producen rojos en condiciones reductoras, cuando se usan fundentes alcalinos.
- Oxidos férrico y ferroso.** (Fe_2O_3 y FeO .) Oxidos rojo y negro de hierro. Como impurezas de las arcillas, disminuyen la temperatura de maduración. Son los principales fuentes de colorantes cerámicos. El óxido de hierro y el óxido de cobalto, con la arcilla y el yeso, y, en condiciones reductoras, producen diversos verdes de celadonita. (Véase Reducción).
- Pared de bolas.** Cámara en la pared de un horno, que separa el área de combustión de la zona de horneado de las piezas.
- Pasejes.** Trayectoria que siguen los gases de escape en los hornos antes de salir por la chimenea.
- Pasta.** La mezcla de arcillas y demás ingredientes que constituyen el cuerpo de una pieza cerámica.
- Pasta dura.** Porcelana verdadera quemada a 3000° o más (2420°F , 1325°C); también se le llama *porcelana dura*.
- Peinado.** Método de decoración desarrollado raspando con un peine abierto sobre dos capas de colores contrastantes de barniz o engobe.
- Peso equivalente.** Un peso de material que produce una unidad de un componente (RO , R_2O_3 o RO_2). Por lo general, es igual al peso molecular del compuesto en cuestión. En los cálculos cerámicos, a los grupos de óxidos RO , R_2O_3 y RO_2 que constituyen un compuesto, se les asignan también pesos equivalentes. Si uno de estos grupos de óxidos contiene más de una unidad del óxido, su peso equivalente se determina dividiendo el peso molecular del compuesto entre este número de unidades.
- Petunés.** Roca de tipo feldespático parcialmente descompuesta, bastante común en China y cuya composición es similar a la piedra de Cornwall. Mezclada con caolín constituye la pasta de las porcelanas orientales.
- Piedra caliza.** Fundente empleado en los intervalos de temperaturas altas e intermedias, después de pulverizarla para obtener blanco de España (carbonato de calcio). Si se usa una arena gruesa como chamota, no debe contener partículas de piedra caliza. La cal calcinada se expande en el bizcocho y causa rajaduras en la pasta.
- Piedra de Cornwall.** Material de tipo feldespático que se extrae en Inglaterra y se usa mucho para pastas de tipo porcelana y para barnices. Comparada con el feldespato, contiene más sílice y una cantidad más pequeña, aunque más variada, de fundentes. Se aproxima en composición al petunés chino, que es el principal ingrediente de las pastas y barnices de porcelana oriental.
- Piezas semitergidas.** Estado de las piezas cerámicas crudas cuando se ha eliminado ya la mayor parte del agua, pero la pasta está todavía suficientemente flexible para decorarse con incisiones o brúfritse.

- Se le llama también cerámica con consistencia semirígida.
- Pirómetro.** Instrumento empleado para medir la temperatura cuando ésta es alta. Consiste de una cántula calibrada conectada a alambres de dos diferentes aleaciones, cuyas puntas soldadas se introducen en la cámara del horno. Cuando éste se calienta, el empuje soldado produce una pequeña corriente eléctrica que se registra en el indicador de la cántula.
- Plasticidad.** La característica de una arcilla que permite manipularla y retener su forma sin rajarse o deformarse.
- Plomo blanco.** $2HCl$, $Pb(OH)_2$. Fundente para bajas temperaturas. El nombre técnico es carbonato básico de plomo.
- Plomo rojo.** Pb_3O_4 . Fundente para bajas temperaturas. Se le llama también *minio*.
- Porcelana china.** Cerámica de pasta arcillosa dura y no absorbente, de color gris claro o blanco, que termina al golpearla.
- Porcelana de cáscara de huevo.** Porcelana muy delgada y translúcida.
- Porcelana de huesos.** Porcelana dura y muy translúcida que se produce principalmente en Inglaterra. La pasta contiene una alta proporción de ceniza de huesos (fosfato de calcio), lo que permite que madure a unos 6 (2232° F., 1220° C.). Es poco plástica y, por lo tanto, difícil de modelar, también tiende a deformarse durante el quemado.
- Prensado.** Formado de objetos de arcilla por compresión de una masa blanda entre dos molles de yeso o de metal, como en la fabricación de azas para tazas y otras piezas.
- Rajaduras.** Grietas que se desarrollan en las piezas bizcochadas como resultado de un enfriamiento demasiado rápido.
- Raku.** Cerámica porosa blanda y con chamota, modelada a mano y barnizada (con composiciones de plomo, muy popular en Japón por estar asociada con la ceremonia del té. La cerámica Raku es muy especial, pues el bizcocho barnizado y precalentado se introduce en hornos al rojo vivo con tenazas largas. El barniz madura en 15-30 minutos, tras lo cual se extrae la pieza del horno.
- Recogimiento.** Separación de la capa de barniz durante el horneado, que deja expuestas áreas de pasta sin barnizar. Es causado por una aplicación demasiado gruesa. El barniz se abre durante el secado o el quemado y se recoge del cuerpo.
- Recorte.** Acabado de las paredes y de la base de una

- vasija cerámica cuando la pieza todavía está semirígida.
- Refractario.** Término que se aplica al efecto de resistencia a las altas temperaturas; también se les llama así a los materiales altos en alúmina y sílice, que se emplean para la fabricación de ladrillos aislantes, mullas y piezas especiales para quemar las pastas cerámicas.
- Refractarios auxiliares.** Las entrepaños, postes, cajas, estuches y soportes, sobre los que se colocan las piezas cerámicas en el horno para ser quemadas.
- Repeleente de cera.** Método de decoración que consiste en aplicar un diseño con una solución de cera caliente o una emulsión de cera soluble. Este material impide que el colorante y el barniz aplicados se adhiera a las porcelanas decoradas. La cera puede aplicarse sobre la pieza cruda o bizcochada, sobre una capa de barniz, o entre dos capas.
- Rojo de pulir.** Óxido rojo de hierro, usado como colorante café para barnices.
- Rollos.** Método de modelado de piezas cerámicas, que consiste en formar cilindros de pasta plástica con los cuales se van formando las paredes que se alisan con los dedos.
- RO, R₂O, y RO₂.** Símbolos o radicales de los tres principales grupos de compuestos químicos que constituyen un barniz cerámico. El radical RO se refiere a los óxidos básicos, tales como los de sodio, potasio, calcio y plomo, que funcionan como agentes fundentes. El radical R₂O₂ representa a los óxidos intermedios o anfóteros, algunos de los cuales pueden funcionar como bases o ácidos. El óxido más importante de este grupo es la alúmina (Al₂O₃), que siempre se comporta como refractario. El tercer radical, RO₂, representa al grupo ácido, esto es, a los formadores de vidrio como la sílice (SiO₂).
- Rouge flambé.** Cierta tipo de barniz chino rojo de reducción de cobre, también llamado *sang de boeuf*, que produce efectos moteados de color rojo oscuro con tonos verdes y azules; otro nombre que se le da es el de barniz de transmutación.
- Rutilo.** Forma impura de dióxido de titanio (TiO₂) que contiene bastante hierro. Produce un color amarillo claro o crema en los barnices, con un efecto vetado. Usado en proporciones altas aumenta la temperatura de maduración.
- Sacocho.** Sinónimo de bizcocho.
- Sang de boeuf.** Término francés que significa sangre de buey, y que describe los tonos rojos vivos producidos por los chinos en sus barnices de reducción de cobre.

Secante. Agente que se usa como silicio de los aceites para acelerar el secado de los colorantes bajo barniz.

Sgrafitto. Decoración que se lleva a cabo raspando a través de un engobe coloreado, para mostrar el color contrastante del cuerpo que está debajo.

Silicato de sodio. Compuesto usado como defloculante. La solución estándar de silicato de sodio comercial contiene 1 parte de sodio por 3.3 partes de sílice. El peso específico es 1.375.

Sílice. Pedernal o cuarzo (SiO_2). El cuarzo se obtiene moliendo arena sílice y el pedernal es una roca cristalina.

Sinterización. Proceso térmico en el que los productos cerámicos se funden lo suficiente para formar una masa sólida sin vitrificación completa. Un ejemplo es la cerámica compacta de baja temperatura.

Sobrebarniz. Decoración aplicada con colores encima del barniz, ya sea horneado o esudado. Cuando se trata de un barniz horneado, el tercer esmaltado se lleva a cabo a temperaturas más bajas que el segundo.

Taleo. $(\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ Compuesto que se emplea en la mayoría de las pastas blancas de temperaturas bajas o intermedias, como fuente de sílice y fundentes. Es ligeramente plástico y puede utilizarse para disminuir el intervalo de quemado, cuando se necesita, de una pasta de cerámica compacta o de escultura.

Terracota. Pasta de cerámica porosa, por lo general de color rojo, que contiene chamota. Es la pasta más común para esculturas cerámicas.

Terra sigillata. El barniz de engobe rojo de los romanos similar al *luccero* etrusco y al *barniz negro* griego. Se preparaba con partículas finas de arcilla roja decantada, quemando en atmósfera de oxidación para obtener un cuerpo rojo.

Torneado. Proceso de formado de piezas cerámicas hechas con arcilla plástica. Se lleva a cabo en un torno de alfarero.

Torneado con terraja. Método industrial para la fabricación de piezas cerámicas. Consiste en colocar una placa de arcilla blanda sobre un molde de yeso que reproduce la forma deseada. Al girar el disco sobre el que está el molde, la terraja metálica fija, corta el exceso de arcilla y produce el contorno de la otra cara de la pieza.

Translucidez. La característica de una porcelana o pasta delgada que transmite una luz difusa.

Un fuego. Ciclo de horneo, llamado también *una quema*, en el cual se quema la pasta y el barniz al mismo tiempo. Las ventajas son un gran ahorro de combustible y mano de obra y el desarrollo de una

unión más resistente entre la pasta y el barniz. Estas ventajas se contrarrestan por la necesidad de un mayor cuidado en el manejo de las piezas, además del peligro que existe de que se presenten rajaduras cuando las piezas crudas absorben demasiada humedad. Sin embargo, estas desventajas no se presentan con los barnices de sal.

Vaciado de barbotinas. Proceso de reproducción de objetos que se lleva a cabo vertiendo una pasta líquida de arcilla en un molde hueco de yeso y permitiendo suficiente tiempo para que se forme una capa de pasta sobre la pared del molde. Después de endurecerse, el objeto se desprende del molde para bizcocharlo.

Vaporización del agua. La fase inicial del ciclo de quemado hasta una temperatura de rojo oscuro (1100 1100 F, 593 590 C). Dependiendo del espesor de las piezas, esta etapa puede durar de dos a tres horas para las delgadas y hasta doce para las esculturas. La elevación de temperatura debe ser gradual para permitir el escape del agua atmosférica y química. En algunos casos existen impurezas orgánicas que también deben eliminarse con desprendimiento de monóxido de carbono.

Vidrio soluble. Término que describe al silicato de sodio, por ser prácticamente un material de apariencia similar a la del vidrio, pero soluble en agua.

Viscosidad. La característica de un barniz que le impide fluir y que es causada por productos químicos que se combinan con los fundentes.

Vitreo. Característica de dureza y no absorbencia de un cuerpo o un barniz.

Volatilización. Acción que se produce bajo la influencia de una cantidad considerable de calor en el horno, a resultas de la cual algunos compuestos del barniz pasan sucesivamente del estado sólido al líquido y finalmente al gaseoso.

Yeso mate. Hidrato de sulfato de calcio, también llamado yeso de París, obtenido por calcinación del yeso común. Se endurece después de mezclarlo con agua. Debido a que absorbe agua y que puede cortarse y formarse con facilidad, se usa mucho en la cerámica para secar y para bateas de amasado, así como para molles en el formado por vaciado.

Zircopax. Nombre comercial de un opacificante de zirconio. Su composición corresponde a un silicato de zirconio. Tiene un poder de opacificación aproximadamente igual a la mitad del que posee el óxido de estaño, pero su precio es mucho más bajo, incluso considerando la diferencia de cantidades que se deben usar. Otros nombres comerciales para este mismo tipo de producto son Ultrax, Superpax, Zircosil y Opames.

BIBLIOGRAFIA BASICA

Los textos siguientes son los recomendados para el estudiante de diseño y la especialidad de cerámica. Se trata de los más completos y claros. No son, por supuesto, los únicos en español pero sí los más prácticos y, en especial los antecitados por un asterisco, los más útiles para los fines de este guión de estudio. La mayoría de los libros sobre cerámica, en inglés, francés y español no hacen más que reproducir ejemplos diversos de los mismos procesos; los textos recomendados lo hacen de forma más sintética y clara, por ello se proponen como bibliografía básica.

Aguilar Rodríguez, Ernesto. - 'MANUAL DEL CERAMISTA'
- Ed. Gemina. México; 1980.

García López, Marcelino. - 'MANUAL DE CERAMICA'
- Ed. Librería de cuenta.
Madrid; España; 1877.

(Tal vez se trate de la obra clásica más extensa y útil, en español, para aprender las bases de la práctica y la teoría. No obstante ser muy antigua, sigue siendo clara en lo que respecta a los procesos, el uso y los principios de las herramientas y equipo, las aplicaciones y las propiedades de las cerámicas. Sus ilustraciones, en grabado, y su estilo descriptivo y sereno, la hacen muy recomendable para la consulta y el análisis).

Blaholt Orozco, Alberto y Villafañe Gómez, Enrique.
- 'APORTACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL A UN TALLER DE CERAMICA DE ALTA TEMPERATURA EN LA ZONA TARAHUMARA'
- Tesis de licenciatura en Diseño Industrial UNAM. México; 1981.

(De este trabajo hemos extraído muchos conceptos e ilustraciones útiles. Es un trabajo sistemático y bien organizado para el estudio de casos como el que le da título. Sus aportaciones de diseño son la aplicación real de las ideas y forma de trabajo del diseñador industrial en un problema concreto; los resultados de sus propuestas están en operación y algunas han sido ya mejoradas).

Greber, E. - 'TRATADO DE CERAMICA'
- Ed. Gustavo Gili.
Barcelona, España; 1938.

Llorens Artigas, J.

- 'FORMULARIO Y PRACTICAS DE CERAMICA'
- Ed. Gustavo Gili.
- Barcelona, España; 1972 (cuarta edición).

* Nelson, Glenn.

- 'CERAMICA. MANUAL PARA EL ALFARERO'
- Ed. CECSA. México; 1980.

[Este texto es la base de la mayoría de las consideraciones y materiales incluidos en este trabajo. Su claridad, lo sintético y directo del texto, la amplitud y lo contemporáneo de sus ejemplos y notas lo hace, junto con el de Claude Vitte!, uno de los mejores libros para el estudio, por los diseñadores industriales, de la cerámica].

Norton, F.H.

- 'CERAMICA PARA EL ARTISTA ALFARERO'
- Ed. Continental.
- México; 1960.

* Vitte!, Claude.

- 'CERAMICA. PASTAS Y VIDRIADOS'
- Ed. Paraninfo.
- Madrid; España; 1976.

[Sobre pastas y vidriados, este es el texto más completo y claro que, editado en español, podemos encontrar para consulta del diseñador industrial. Sus notas e ilustraciones son muy directas y, sin duda, actualizadas].

Conclusiones generales.

Hemos recorrido a través de este trabajo el camino que modela una materia prima en un producto terminado. La revisión que hemos hecho con la lectura de notas y secciones de textos escogidos, nos permite tener ya una base firme para profundizar en algún aspecto o darnos a la tarea de experimentar y producir objetos útiles de cerámica. Es esta la utilidad y el sentido de este trabajo de tesis, proporcionarnos los datos, la información oportuna, para iniciarnos en el estudio de la cerámica y desarrollar investigaciones especializadas en técnicas, herramientas y variantes innovadoras del material.

El contenido de este manual o guión de estudio, nos permite ubicar las necesidades y los recursos docentes para la enseñanza racional de la cerámica al estudiante de diseño; y basados en su estructura nos ayudará para la elaboración de otros manuales para diversos materiales. Nos proporciona, sobre todo, una idea del universo de posibilidades para la práctica, en el taller de innovación tecnológica propuesto, de trabajos de investigación que aporten nuevos equipos y técnicas, conocimientos sistemáticos y ordenados de los procesos productivos y los materiales, para el estudiante de nuestras licenciaturas; y con ello, un modo diferente de hacer la didáctica en los talleres de la escuela.

Las preguntas de qué enseñar, cómo, cuándo, dónde, quién, etc. que planteamos al principio de este trabajo, pueden ahora ser contestadas en base a la objetividad de las técnicas y características descritas en el guión de estudio del material cerámico. Y el modo personal, el estilo y la idea que de la enseñanza tiene cada profesor puede ahora ser matizado a partir de las notas que sobre didáctica anexo a través del texto. El siguiente paso es elaborar las fichas de trabajo, hacer la selección de temas específicos y construir los modelos y simuladores necesarios para cubrir la temática relativa al aprendizaje de la cerámica y el desarrollo de innovaciones en la técnica, el instrumental o el uso del material.

El texto ha pretendido ser polémico al respecto de la didáctica y las propuestas elaboradas en las primeras páginas; con ello se invita a la revisión constante, la discusión fundamentada y la aportación de nuevas ideas, tan necesarias para hacer de la educación un acontecimiento útil para el estudiante y el docente. Que sirva entonces este trabajo como una base desde donde crecer y superar el estado actual de la práctica docente y la aplicación de los materiales y procesos por el Diseñador Industrial.