

## ESMALTES: CLASIFICACION Y PROPIEDADES

Elena Flores B., Meyer Reyes, Rómulo Ochoa L.\*

### INTRODUCCION

En cerámica, el esmalte es una capa vitrificada que da a la loza de arcilla un efecto de porcelana, de brillantez e impermeabilidad. Puede ser de tres clases: el esmalte propio, suave y el vidriado opaco.

El glazé o esmalte propio es un silicato de calcio, potasio y aluminio, y está compuesto por feldespato, tiza, caolín y sílice. Este esmalte es aplicado a la arcilla, al bizcocho (término cerámico aplicado a la arcilla trabajada y quemada a 900 - 1100°C) o al suave bizcocho quemado; la pieza completa es quemada a alta temperatura (cerca a 1500°C).

El esmalte suave se usa para el bizcocho y lozas finas. Un vidriado suave es un silicato o borosilicato, las bases empleadas incluye los óxidos o carbonatos de plomo, cinc, potasio, calcio, bario y magnesio, y como agentes colorantes se usan sales de fierro, cobalto, cobre, níquel, cromo, manganeso, etc. El rango de temperatura es muy amplio, un simple esmalte de plomo funde a 900°C pero un esmalte de loza necesitaría unos 1350°C.

En cuanto a los esmaltes de vidriado opaco se puede decir que están compuestos básicamente de los mismos elementos de los dos tipos anteriores;

---

\* Pontificia Universidad Católica del Perú, Dpto. de Ciencias, Sección Química.

solo que para poder obtener un esmalte mate se necesita añadir mayor cantidad de alúmina y disminuir la cantidad de sílice utilizada.

## MATERIAS PRIMAS

Los materiales usados en la composición de esmaltes se pueden clasificar en [1-3]:

1) **Materiales plásticos:** Los más usados son las arcillas y los caolines. Los dos tienen una fórmula química general que se puede representar como:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ . Son materiales semejantes pero su diferencia reside en que las partículas de arcilla son más finas que las de caolín, que es la arcilla más pura. No intervienen en grandes porcentajes ya que debido a la sílice y alúmina aumentan el punto de fusión, la viscosidad y la tensión superficial.

También aumenta la contracción del esmalte crudo, con el consiguiente peligro de cuarteamiento en el secado.

2) **Materiales antiplásticos:** El más usado es el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), aunque también se utiliza el feldespato. El cuarzo es el material vitrificante universal, su introducción disminuye la dilatación térmica y permite corregir el cuarteado. Para aumentar la brillantez del esmalte se debe aumentar el porcentaje de sílice y rebajar al mínimo el contenido de alúmina. El feldespato es un silicato de alúmina anhidro con sodio o potasio, a veces calcio y litio. Es la materia prima fundamental para la preparación de pastas y esmaltes, sobre todo a altas temperaturas, hasta  $1040^\circ\text{C}$  el feldespato ejerce escasa actividad fundente; mientras que para esmaltes desde  $1190^\circ\text{C}$  se constituye en el principal material fundente. Hoy en día el feldespato que contiene litio se usa mucho porque rebaja notablemente la temperatura de fusión del esmalte y corrige su tendencia al cuarteo. Cuando se calcina el feldespato presenta las siguientes características:

	punto de fusión $^\circ\text{C}$	color a $1230^\circ\text{C}$	color a $1280^\circ\text{C}$
feldespato sódico	1250	blanco	transparente
feldespato potásico	1230	blanco	transparente

3) **Agentes reguladores:** Son usados de acuerdo a las necesidades del esmalte o el método de aplicación. Entre ellos tenemos a los defloculantes, adhesivos, endurecedores, etc.

Un material importante es el plomo que se introduce en los esmaltes en forma de minio, para darle fluidez, brillo además de permitir el desarrollo de óptimos colores y texturas mates. No debe usarse a temperaturas superiores a los 1200°C; el problema radica en su toxicidad por inhalación o simple contacto a través de heridas en la piel.

4) **Agentes colorantes:** El color de los vidriados puede deberse al color de la arcilla o a los óxidos metálicos disueltos en ella. Algunos óxidos metálicos como los óxidos de hierro, cobre, manganeso y cobalto, son fácilmente solubles en el vidrio, dándole un color característico. A continuación describiremos algunos óxidos colorantes:

– *óxido de cromo:* es el óxido colorante más versátil, produce vidriados rojo, amarillo rosa, marrón o verde según la clase de vidriado y la temperatura de cocción utilizada. El óxido de cromo solo es bastante refractario y no se disuelve en el vidriado tan fácilmente como los óxidos de hierro, cobre o cobalto. Puede utilizarse como óxido verde de cromo  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  o como dicromato de potasio  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , el último material tiene sin embargo, la desventaja de ser soluble pero venenoso.

Cuando se añade óxido de cromo a un vidriado base que tiene óxido de estaño, el color resultante es rosa o rojo marrón, una pequeña cantidad de óxido de cromo (menor al 0,5%) es suficiente para dar el color rosa a un vidriado que tenga 5% de estaño.

– *óxido de vanadio:* se utiliza en los vidriados como un tinte que se prepara combinando pentóxido de vanadio  $\text{V}_2\text{O}_5$  con óxido de estaño. El tinte de vanadio da a los vidriados un color amarillo. Si se usa 5% dará un color amarillo pálido y entre el 8 y 10% un amarillo fuerte. Puesto que el estaño está presente le comunica opacidad al vidriado.

– *óxido de manganeso:* da a los vidriados un color púrpura o marrón. La fuente es el  $\text{MnCO}_3$  o el  $\text{MnO}_2$ . El manganeso en comparación con el cobalto o el cobre es un óxido débil y usualmente se necesita de 2 a 3% para dar un color marcado.

-- *óxido de cobalto*: es más estable y confiable de los colorantes para vidriados. Da un tono azul. Las formas usualmente empleadas son el carbonato de cobalto  $\text{CoCO}_3$  (polvo púrpura claro) y el óxido de cobalto negro  $\text{CoO}$ , éste es el más potente de los óxidos colorantes, un 0,25% en un vidriado es suficiente para darle un azul medio; 0,5% da un azul fuerte y un 1% un azul oscuro, mayor porcentaje podría dar un negro azulado o negro. En vidriados alcalinos el óxido de cobalto produce un azul brillante. Los vidriados con óxido de cobalto necesitan ser molidos totalmente en molino de bolas para eliminar la apariencia moteada en el vidriado acabado.

A continuación presentamos la formulación de un esmalte de color azul:

Feldespatos	40%
$\text{CaCO}_3$	20
Talco	2
Caolin	15
$\text{SiO}_2$	23
	100%

La temperatura de cocción es de  $1200^\circ\text{C}$   
 Oxido de cobalto añadido 1%

Para aplicar el esmalte al bizcocho se mezcla con 50% de agua y se le deja reposar por 24 horas; pasando luego de mezclar bien a través de un tamiz fino de malla #180.

La aplicación se realiza por inmersión y finalmente se lleva a cocción lentamente hasta  $1200^\circ\text{C}$ .

Finalmente damos una lista de cantidades aproximadas de óxidos colorantes que se utilizan para dar tintes de fuerza promedio:

óxido de cobalto o carbonato de cobalto	0,5 - 1%
óxido de fierro	1,0 - 10%
óxido de cobre	2,0 - 5%
óxido de cromo	2,0 - 5%
óxido de manganeso	2,0 - 6%
tinte de vanadio	4,0 - 10%

## CLASIFICACION DE LOS ESMALTES

Se pueden clasificar de distinta manera [1,3]:

### 1) **Según su modo de preparación:**

*Crudos.* Se utilizan minerales naturales o compuestos que se derivan directamente de ellos, se mezclan y se aplican sobre el soporte.

*Fritados.* Aunque se usen minerales naturales, previamente a su uso, se someten a temperaturas elevadas a fin de eliminar algunas impurezas e insolubilizar algunos de sus componentes.

### 2) **Según su transparencia:**

*Transparentes.* Permiten ver el soporte a través de ellos.

*Opacos.* No permiten el paso de la luz a través de ellos.

### 3) **Según su brillo:**

*Brillantes.* La superficie posee gran brillo y en muchos casos se comporta como un espejo.

*Mates.* La superficie no refleja los rayos de luz.

### 4) **Según la temperatura óptima a la que deben usarse:**

*Baja temperatura.* Se cocen a menos de 940°C.

*Temperatura normal.* Se cocen entre 950 y 1080°C.

*Temperaturas medias.* Se cocen entre 1100 y 1200°C.

*Temperaturas altas.* Se cocen a más de 1220°C.

### 5) **Según su composición:**

*Plúmbicos.* El principal fundente es un compuesto de plomo.

*Borácicos.* El principal fundente es un compuesto de boro.

*Alcalinos.* Su principal fundente es un compuesto que contiene uno o más óxidos de metales alcalinos.

## PROPIEDADES

Entre la propiedades más importantes pueden resaltarse [3,5]:

- a) **Viscosidad:** Es la que permite una buena fluidez suficientemente viscosa a la temperatura de madurez de un esmalte dado, sin que éste llegue a escurrirse por las paredes verticales de la pieza. Un buen esmalte debe ser moderadamente viscoso a su temperatura de madurez, pero no mucho, ya que esta propiedad controla también la posibilidad de eliminación de las burbujas de gas que se forman dentro del esmalte. Si la viscosidad fuera demasiado alta haría que las burbujas no puedan salir, resultando un esmalte ampollado o punteado. En cambio, si la viscosidad es demasiado baja, el esmalte se licúa, se chorrea y puede llegar a ser absorbido por el bizcocho.

La viscosidad de un esmalte varía con la temperatura. Un esmalte de plomo, por ejemplo, tiene el doble de viscosidad a 900°C que a 1000°C.

La alúmina es el material más importante para el control de la viscosidad, pues la eleva grandemente, ésta se introduce no en forma pura sino como arcilla o caolin.

- b) **Tensión superficial:** Esta propiedad influye notablemente sobre su fluidez y cobertura completa de la pasta o bizcocho.

Si la tensión superficial es muy baja, el esmalte será demasiado fluído y si por el contrario es muy alta producirá un esmalte corrugado o separado como en gotones.

La alúmina la eleva grandemente mientras que los álcalis y el plomo la rebajan.

- c) **Fusibilidad:** Los esmaltes no tienen un punto de fusión exacto sino presentan un rango de fusión. Un esmalte horneado a un ritmo muy acelerado necesitará unos grados más de temperatura para fundir correctamente. Es conveniente que el esmalte presente un rango de fusión amplio ya que aunque se sobrepase la temperatura de cocción propia de cada esmalte, éste no se escurrirá.

Esta propiedad se ve aumentada por la introducción de mayores porcentajes de materiales fundentes. Por ejemplo, el sodio y el potasio re-

bajarán la temperatura de fusión si reemplazan al calcio, pese a que los 3 son fundentes. Se ha probado que la introducción de varios componentes en vez de uno solo puede rebajar la temperatura de fusión.

La fusibilidad de un esmalte está regida por la proporción existente entre los fundentes y la sílice, esto es si un esmalte tiene la relación 1:1 (fundentes: sílice) fundirá antes que otro esmalte que presente la relación 1:2.

Otro factor importante en la fusibilidad de los esmaltes es el tamaño de partículas. Si un esmalte no ha sido molido perfectamente, a malla 200, la fusión se dificulta y se retarda.

- d) **Dilatación térmica:** Todos los esmaltes se dilatan al calor y se contraen al enfriarse, no todos lo hacen en la misma medida. Los de bajas temperaturas se dilatan más que los de altas, esto es debido a los componentes del esmalte. Los fundentes de baja temperatura (como los álcalis), son de gran dilatación térmica, mientras que los de alta (calcio, zinc, etc.) la tienen mucho menor.

El control de la dilatación térmica es muy importante para prevenir el defecto del cuarteado. La dilatación del esmalte debe estar de acuerdo al bizcocho. Por ejemplo, un bizcocho muy feldespático se dilatará poco, luego el esmalte debe ajustarse a esa dilatación.

- e) **Resistencia:** Se debe tratar principalmente dos tipos de resistencia: la mecánica y la química.

En cuanto a la resistencia mecánica se puede decir que está relacionada a su capacidad de resistir determinada tracción, impacto o rayado.

Este tipo de resistencia se eleva a medida que aumenta la temperatura. A bajas temperaturas no es posible obtener esmaltes muy duros.

La sílice es el material que da mayor resistencia mecánica a los esmaltes. Los óxidos que favorecen esta resistencia son el de zinc, alúmina, magnesio.

Sobre la resistencia química podemos decir que depende de la aplicación, es decir, la resistencia a los ácidos debe ser elevada en caso de

vajilla de mesa. La resistencia a los álcalis se debe tener en cuenta al fabricar esmaltes para loza sanitaria. La resistencia a agentes atmosféricos debe ser buena si se deben esmaltar revestimientos para exteriores.

Favorecen la resistencia a los ácidos el óxido de zinc, también el magnesio, bario.

Un esmalte tendrá buena resistencia a los álcalis si se le agrega mayores cantidades de alúmina y sílice. La resistencia al agua y a agentes atmosféricos se aumenta al añadir a la fórmula el esmalte circonio, titanio, alúmina.

### DEFECTOS COMUNES EN ESMALTES

Entre los defectos más comunes se encuentran [1,6]:

**Cuarteo:** Es la aparición de una serie de grietas, finas y profundas (figura 1).

En cuanto a sus posibles causas podemos mencionar:

- coeficiente de dilatación del esmalte muy superior al de la pasta soporte.
- la temperatura de templado es demasiado rápida.
- el esmalte posee poca elasticidad.
- la curva de cocción usada es incorrecta.

Para poder solucionar este defecto hay que disminuir aquellos compuestos que posean un coeficiente de dilatación elevado y se deben agregar compuestos que posean menor coeficiente.

También se puede eliminar el cuarteado modificando la composición de la pasta o bien la del esmalte.

**Saltado:** Es el efecto contrario al cuarteado. Es decir, es el levantamiento del esmalte producido por la compresión que el soporte realiza sobre él. Entre sus causas se puede mencionar que aparece este defecto cuando el coeficiente de dilatación del esmalte es inferior al de la pasta soporte por el que el soporte se contrae más que el esmalte.

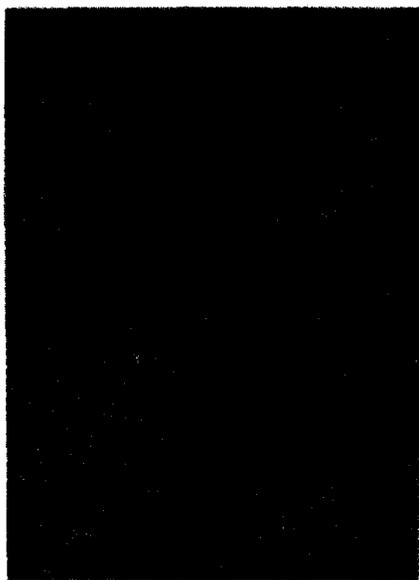


Figura 1. Cuarteado

Cuando el saltado se produce en la cocción los remedios son los contrarios a los utilizados en el cuarteo.

También se conoce el saltado antes de la cocción, que se trata del levantamiento del esmalte, en placas mas o menos grandes, quedando la superficie del soporte visible y limpia.

Entre sus causas mencionaremos:

- Contaminación del soporte por sustancias grasas, polvo o arena, impidiendo la fijación del esmalte (figura 2).
- Aplicación defectuosa del esmalte.
- Aplicación del esmalte en una capa muy gruesa.
- Aplicar esmaltes pobres en arcillas a soportes crudos y no utilizar adhesivos.
- Aplicar el esmalte en barbotina demasiado diluída lo que provoca que la superficie del soporte crudo se hinche (figura 3).

Precauciones: mantener el soporte limpio, esmaltar en capa delgada, no almacenar las piezas demasiado tiempo, utilizar adhesivos y métodos de aplicación adecuados a la composición del esmalte.

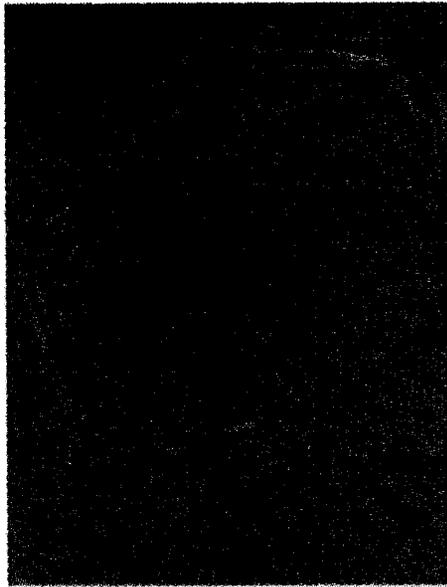


Figura 2. Saltado producido por la presencia de sustancias grasientas



Figura 3. Caída de gotas sobre el esmalte

**Fisuración:** Es la fractura brusca de la capa de esmalte y el soporte. Se aprecian grietas como las del cuarteado.

Sobre las causas se puede decir que algunas son debidas a la cocción mientras que otras no lo son.

Entre las causas de las fisuras debido a la cocción se puede mencionar (figuras 4,5):

- cocción demasiado rápida
- enfriamientos demasiado rápidos

Entre la causa ajenas a la cocción tenemos:

- trabajo defectuoso de la arcilla (humedecimiento excesivo, estiramiento excesivo, prolongado amasado, etc.)
- utilización de arcillas de gran encogido
- secado irregular

Precauciones: Utilizar soportes algo porosos, utilizar pastas soporte con mayor contenido de fundentes, tener cuidado en el momento del enfriamiento.

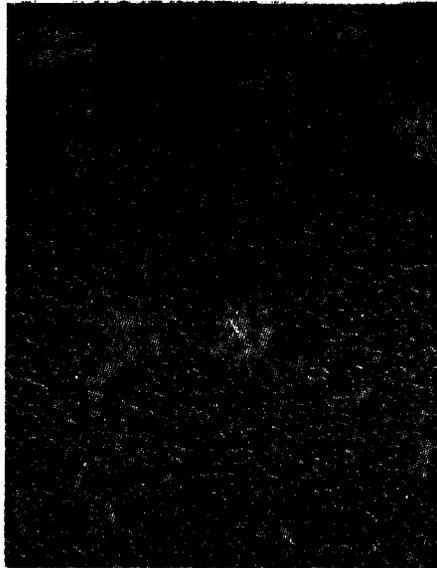


Figura 4. Formación de cristales en un vidriado sometido a varias cocciones



Figura 5. Aspecto que ofrece un vidriado cocido a temperatura inferior a la adecuada

**Roturas:** Es la descomposición de la pieza en dos o más trozos (figura 6).

Entre las causas se puede mencionar:

- el contenido excesivo de humedad en la pieza al someterla a la cocción.
- enfriamiento demasiado rápido que provoca choque térmico.
- presencia de granos gruesos en el soporte.
- aplicación de esmaltes en capa muy gruesa.

Precauciones: Secado lento y cuidadoso de piezas de paredes gruesas, eliminar el exceso de cuarzo libre, aumentar el porcentaje de fundentes para obtener una mayor vitrificación, enfriar lentamente en aquellos intervalos de temperaturas correspondientes a la inversión del cuarzo, esmaltar en capas delgadas.

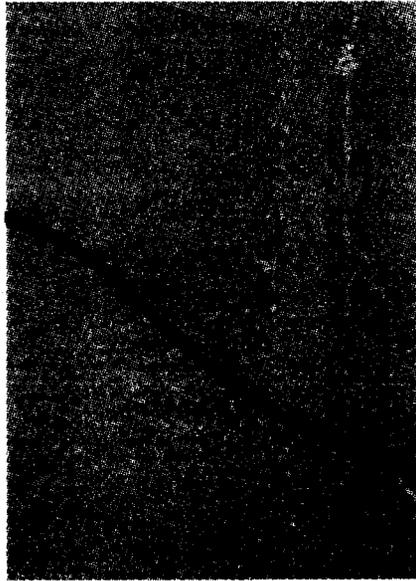


Figura 6. Rotura típica producida por enfriamiento brusco

**Explosiones:** Son reventones locales de la superficie del soporte. Las principales causas pueden ser:

- presencia de burbujas de aire en la masa.
- presencia de granos gruesos de cal viva (figura 7).
- presencia de zonas húmedas en el interior de la pieza que se somete a cocciones rápidas.
- presencia de sales como el sulfato de bario, que tiende a desprender gases a ciertas temperaturas.

Precauciones: Darle un tratamiento a la arcilla a fin de eliminar la existencia de granos gruesos de cal o de otras sales, evitando que la pieza sufra explosiones.



Figura 7. Explosiones de la cal

**Volatilización:** Es la vaporización de materiales a altas temperaturas, debido a esto se forman burbujas en el esmalte que luego revientan al entrar en contacto con otro cuerpo, quedando éste teñido de color. La pieza de la cual se ha volatilizado el esmalte aparece con una mancha intensa rodeada por una zona casi sin esmalte. Uno de los elementos que presenta volatilizaciones es el cobre, el plomo también presenta este tipo de defecto (figura 8).

**Ahumado:** Se presenta cuando un objeto esmaltado se ve recubierto con una delgada capa de carbón . Se presenta por acción de una cocción reductora demasiado prolongada, cuyos efectos se prolongan hasta temperaturas de unos 850°C. Cuando sucede este tipo de defecto es necesario que la temperatura o presión del combustible e incluso la temperatura del horno sean adecuadas.

También podemos mencionar otros defectos tales como: ondulaciones, hinchazones, clapas y arrugas, etc. Como se puede observar existe una gran variedad de defectos de allí que se debe tener muy en cuenta las precauciones dadas en este artículo.



Figura 8. Detalle de una volatilización;  
acumulación de colorante en el centro

### **Comentario**

En los laboratorios de química y taller de vidrio de la Universidad se están haciendo planes de investigación de los recursos naturales inorgánicos del país con el objetivo central de consolidar la investigación científica y tecnológica de los materiales.

Se han realizado algunos experimentos con arcillas, feldspatos, arenas cuarcíferas y otros para situarnos dentro de la cerámica de baja y altas temperaturas, refractarios y vidrios a 1500°C.

Las investigaciones científico-tecnológicas serán a plenitud, tan pronto se implemente la infraestructura para esta actividad fundamental: Investigación.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bruguera, J. (1986) **Manual práctico de cerámica**. Ed. Omega S.A., Barcelona, p. 173-207.
2. Rhodes, D. (1990) **Arcilla y vidriado para el ceramista**. Ed. Ceac, Barcelona, p.159-163.
3. Fernández, J. (1981) **Manual de esmaltes cerámicos**. Ed. Condorhuasi, Argentina, tomo 1, p. 104-152.
4. Cárdenas, L. (1994) **Estudio teórico experimental del proceso de fabricación de cerámica utilitaria**. Tesis Ingeniería Química, UNMSM, p. 75-78.
5. Colbeck, J. (1989) **Materiales para el ceramista**. Ed. Ceac, Barcelona, p. 174-175.
6. Caruso, N. (1986) **Cerámica viva**. Ed. Omega S.A., Barcelona, p. 141-143.