

### Molienda de esmaltes a escala de laboratorio o taller.

#### Técnicas de preparación de esmaltes.

Los esmaltes pueden prepararse por vía húmeda o por vía seca:

- La **vía húmeda** se refiere a la preparación de suspensiones acuosas de esmaltes o de engobes. Es decir, todos los componentes de los esmaltes se mezclan con agua, mediante molienda (figura 1) o mediante desleído (figura 2).
- En **vía seca** se preparan polvos homogeneizados con la composición del esmalte o del engobe. Pueden prepararse después de la molienda o por mezcla y homogeneización de componentes si estos ya tienen la granulometría requerida.



Figura 1. Preparación de un esmalte por molienda en molinos planetarios.

Fotografía: Miquel Cantavella.



Figura 2. Preparación de un engobe por desleído.

Fotografía: Ana Monferrer

#### Molienda de esmaltes a escala de pequeño taller o laboratorio

Para preparar esmaltes cerámicos a escala de laboratorio o de pequeño taller, la composición del esmalte suele someterse a un proceso de molienda o de desleído. La molienda es necesaria cuando al menos uno de los componentes del esmalte no tiene la granulometría requerida. Esto suele ser habitual en esmaltes de baja temperatura, que suelen emplear fritas en su composición, a menos que estas no las recibamos en polvo y micronizadas, y también cuando se emplean algunas materias primas naturales como algunas arcillas o algunas rocas feldespáticas. Este proceso de molienda generalmente se realiza por vía húmeda y pueden emplearse dos tipos de molinos en función de la cantidad de esmalte que se necesite preparar:

- Molinos de jarras.
- Molinos de movimiento planetario.

#### Objetivos de la molienda

Los objetivos de la molienda de la composición del esmalte son los siguientes:

- **Homogeneizar la composición.** La homogeneización de todos los componentes es necesaria para garantizar la uniformidad de las características técnicas y estéticas del esmalte.
- **Aumentar la velocidad de reacción.** La velocidad a la que se realizan las reacciones entre los sólidos o entre éstos y la fase vítrea fundida depende de su composición y de su distribución de tamaños. Una granulometría fina conlleva un aumento de los puntos de contacto entre los sólidos y de la superficie de los sólidos expuesta al ataque del vidrio fundido, lo que implica un aumento de la velocidad de reacción.
- **Permitir la aplicación de los esmaltes.** La mayor parte de los esmaltes se aplican por vía húmeda. En algunas técnicas, como la serigrafía o la aerografía, el esmalte debe pasar a través de secciones muy

pequeñas, como las aberturas del tejido de la pantalla serigráfica o la boquilla de la pistola empleada en aerografía, por lo que deben tener unos tamaños que lo permitan.

#### Molienda de esmaltes con molinos de jarras.

Estos molinos (figura 3) funcionan de manera semejante a los grandes [molinos Alsing](#) con los que se molturan esmaltes a escala industrial. Constan de una jarra de porcelana de paredes altamente resistentes al impacto y a la abrasión, con una capacidad comprendida entre 1,5 y 20 litros, en la que se cargan bolas de alúmina de alta densidad de diferentes tamaños, generalmente inferiores a 30 mm, que actúan como elementos molturantes (figura 3). La jarra se coloca sobre un bastidor compuesto por dos rodillos, uno de ellos dotado de movimiento giratorio mediante un conjunto de motor – reductor y el otro con movimiento libre (figura 4). La velocidad de giro del molino es tal que se produce en su interior un movimiento de caída de parte de las bolas en cascada, mientras que parte de la carga se desliza sobre sí misma. Esto produce, de manera análoga a los molinos Alsing, un efecto de molienda combinado de impacto y abrasión.



Figura 3. Jarra de porcelana y carga de bolas.  
Fotografía: Ana Monferrer.

Estos molinos son adecuados para la molienda por vía húmeda de esmaltes, obteniéndose suspensiones homogéneas de la composición a la granulometría deseada. También pueden emplearse para la molienda por vía seca.

#### Criterios de carga.

En estos molinos es frecuente seguir unos [criterios de carga](#) similares a los de los molinos Alsing industriales, aunque debido a su tamaño, mucho menor, es necesario hacer algunas consideraciones y ajustes:

- **Carga de las bolas.** Las bolas deben ocupar entre el 25 % y el 35 % del volumen útil de la jarra. El criterio habitual es llenar con bolas de tamaños comprendidos entre 20 y 30 mm, junto con algunas pocas bolas de 50 mm, hasta un tercio del volumen útil de la jarra.
- **Criterio de carga mínima.** La barbotina obtenida en la molienda ha de llenar los huecos que dejan las bolas entre sí, para evitar que se produzcan excesivos choques de las bolas entre sí o de las bolas con las paredes de la jarra.
- **Criterio de carga máxima.** El volumen máximo de barbotina deberá dejar un volumen libre equivalente al 25 % del volumen útil de la jarra.



Figura 4. Molino de jarra y bastidor (con la rejilla de seguridad levantada para la fotografía).  
Fotografía: Ana Monferrer.

En la tabla siguiente tienes algunos ejemplos de carga de algunos tipos de molinos de jarra para la molienda de esmaltes.

Volumen útil (L)	Peso de bolas. (kg)	Carga de bolas		Peso sólidos (kg)
		Tamaños (mm)	% en masa	
3	2,4	30	100	1,5
5	4	30	70	2,5
		40	30	
10	8	30	70	5,0
		40	30	

Has de tener en cuenta que, para una determinada velocidad de giro del rodillo transmisor del movimiento, la velocidad de giro la jarra depende de su diámetro, de manera que las jarras más pequeñas giran a más revoluciones

por minuto que las más grandes, por lo que si en el mismo bastidor pones jarras de distinta capacidad (y por lo tanto distinto diámetro) los tiempos de molienda serán distintos.

Algunos modelos de bastidor van equipados con un mecanismo regulador de la velocidad de giro. Sin embargo, las fórmulas que se aplican para calcular la velocidad óptima en los molinos industriales, no son aplicables a los molinos de laboratorio o de pequeño taller artesano, ya que las relaciones entre diámetros del molino y de las bolas son muy diferentes en ambos.

(\*) Aunque este tipo de bolas son las aconsejables para estos molinos, pueden emplearse también bolas de esteatita o de porcelana aluminosa, ambas de menor densidad y, por tanto, de menor eficacia en la molienda, aunque más económicas.

#### Molienda de esmaltes con molinos de movimiento planetario.

Los molinos de movimiento planetario (figuras 1, 5 y 6) se emplean habitualmente en los laboratorios cerámicos, para la molienda de pequeñas cantidades de engobes y esmaltes, aunque es extraño verlos en talleres artesanales y no suelen distribuirse por los proveedores habituales de maquinaria y herramientas para estos.

Estos molinos son pequeñas jarras de porcelana (figura 7), con una capacidad entre 0,3 y 1,5 litros, equipadas con una carga de bolas de alúmina de alta densidad que se sujetan firmemente a una plataforma que gira rápidamente siguiendo un movimiento elíptico, semejante a la órbita de los planetas. Estos molinos van equipados con un temporizador que permite programar la duración de la molienda.

A causa de su elevada velocidad de giro, la intensidad de la molienda es mucho mayor que en los molinos de jarras, por lo que, para la mayoría de composiciones, se obtienen las granulometrías deseadas en pocos minutos, motivo por el cual se conocen también como “**molinos rápidos**”.



Figura 5. Molinos planetarios.  
Fotografía: Rafa Galindo.



Figura 6. Disposición de la jarra en un molino planetario.  
Fotografía: Ana Monferrer.



Figura 7. Jarra y carga de molas para molino planetario.  
Fotografía: Ana Monferrer.

**Criterios de carga.**

La carga a molturar y el peso de bolas, e incluso su tamaño, depende mucho del material que se vaya a molturar. Aun así, en muchos laboratorios, es bastante frecuente mantener unas cargas fijas, que se revisan periódicamente, adaptadas a los esmaltes habituales.

En la siguiente tabla tienes algunos ejemplos de carga para este tipo de molinos.

Volumen del molino (L)	Peso de bolas. (kg)	Carga de bolas		Peso de sólidos (kg)
		Tamaños (mm)	% en masa	
0,3	0,25	18	100	0,15
1,0	0,7	18	75	0,50
		25	25	
1,5	1,0	18	75	0,75
		25	25	

**Tiempo de molienda.**

El tiempo de molienda depende de la carga y dureza del material a moler, de la granulometría inicial de los materiales de la composición y de la granulometría que se desea obtener. Oscila entre tiempos de 5 a 10 minutos para composiciones de materiales blandos, como las arcillas, caolines, etc. a tiempos superiores a los 20 minutos para composiciones en las que los materiales predominantes son fritas.

Has de tener en cuenta que estos molinos suelen calentarse mucho cuando los tiempos de molienda son largos, lo que puede favorecer la disolución de fritas y de algunas materias primas y la descomposición del CMC empleado como ligante. Es conveniente, por tanto, evitar en la medida de lo posible, los tiempos de molienda excesivos (por ejemplo molturando previamente las fritas en molinos de jarra, que se calientan mucho menos) y no superar las cargas de bolas recomendadas.