



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

**Determinación de puntos de Defloculación de
Esmaltes y Engobes utilizados en Cerámicas
GRAIMAN**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título
Tecnólogo en Cerámica Plana**

Autores:

Cajamarca Cabrera Lucía del Carmen

González Navas Pascual Estanislao

Director:

Ing. Augusto Rodas

Cuenca, Ecuador

2011

DEDICATORIAS

Este trabajo final quiero dedicar a mis padres Manuel y Maclovia, a mis hijas Jéssica, Johanna y Sara que han sido el soporte y la inspiración para que estos estudios lleguen a feliz término.

Lucía Cajamarca

Dedico este trabajo a Dios porque es el quien guía y me mueve cada día, nada sería sin su amor incondicional, la fuerza y la firmeza que me da para emprender o desarrollar nuevos desafíos. No podría dejar de lado el inmenso apoyo de mi esposa y de mis hijos quienes son pilares fundamentales para mi formación.

Pascual González

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos muy sinceros a quienes hicieron posible nuestra superación profesional y personal al llegar a feliz término ésta investigación. A GRAIMAN CIA LTDA en la persona de Don Alfredo Peña Calderón y del In. Alfredo Peña Payró que supieron apoyar éste proyecto, a la Universidad del Azuay que acogió la idea e hizo posible realizar éste proyecto

También, de una manera muy especial agradecemos a las siguientes personas que colaboraron en la culminación de éste trabajo de investigación:

Dra. Pamela Olivos

Ing. Miriam Pesántez

Ing. Esteban Alvear

Dr. Piercósimo Tripaldi

Agradecemos también a nuestros compañeros de curso y de fábrica, que nos supieron apoyar en éste proyecto, a todas las personas que de una u otra manera compartieron sus conocimientos y en particular al Ing. Augusto Rodas que es el Director de nuestra tesis.

L. Cajamarca, P. González.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatorias.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1: DEFINICIONES Y CONCEPTOS.

1.1 Reología.....	3
1.1.1 Definición.....	3
1.1.2 Historia de la Reología.....	3
1.1.3 Conceptos técnicos de la reología.....	4
1.1.4 Aplicaciones del estudio de la Reología.....	6
1.2 La Viscosidad.....	7
1.2.1 Definición.....	7
1.2.2 Unidades.....	8
1.2.3 Tipos de Viscosidad.....	9
1.2.4 Reología de los esmaltes.....	10
1.3 Floculación y defloculación.....	11
1.4 Tipos de Esmaltes.....	11

CAPITULO 2: DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

2.1 Desarrollo del experimento.....	15
2.1.1 Materiales.....	15
2.1.2 Detalles explicativos acerca de la experimentación.....	15
2.1.2.1 Determinación de la Viscosidad.....	15
2.1.2.2 Preparación de las fórmulas de engobe y esmalte.....	16
2.1.3 Inicio de los experimentos.....	16
2.1.3.1 Detalle de los resultados de los experimentos.....	16
2.1.3.1.1 Prueba 1: Esmalte monoquema.....	16
2.1.3.1.2 Prueba 2: Engobe monoquema.....	17

2.1.3.1.3 Prueba 3: Engobe biquema.....	17
2.1.4 Interpretación de los resultados.....	19
3. CONCLUSIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Tabla 1.1: Tabla de Viscosidad según el material.....	8
Tabla 2.1: Prueba 1: esmalte monoquema.....	16
Tabla 2.2: Prueba 2: engobe monoquema.....	17
Tabla 2.3: Prueba 3: engobe biquema.....	17
Tabla 2.4: Cuadro de resultados obtenidos con el Tripolifosfato.....	18

RESUMEN

Las empresas cerámicas en su carrera por mejorar la calidad de sus productos y disminuir costos de producción, están en constante investigación tecnológica a fin de alcanzar estos estándares. Así, es de vital importancia usar técnicas experimentales que permitan analizar, tomando en cuenta que no siempre es necesario adoptar técnicas complicadas ni métodos costosos, sino que ayuden eficazmente a llegar al objetivo planteado.

Por ello, en el presente trabajo, se describe los pasos de un método sencillo y práctico que permite la búsqueda de puntos óptimos de defloculación de los esmaltes y engobes.

.

.

ABSTRACT

Ceramic companies in their race to improve the quality of their products and reduce production costs, are in constant technological research in order to achieve these standards. Thus, it is of vital importance to use experimental techniques to analysis, taking into account that it is not always necessary to adopt complicated techniques or expensive methods, but to help effectively reach the proposed target.

That is why, in this job, describes the steps in a simple and practical method of the search of optimal points of defloculación of the glaze and engobe products.

Cajamarca Cabrera Lucia del Carmen, González Navas Pascual Estanislao
Trabajo de Graduación
Ing. Augusto Rodas
Febrero 2011

Estudio de Defloculación de los Esmaltes Tecnología

INTRODUCCIÓN

En la industria cerámica tradicional para la producción de pavimentos, las fases de preparación de los esmaltes resultan críticas desde el punto de vista reológico. En particular la molienda en húmedo de las materias primas, aditivos y la aplicación de las suspensiones de esmaltes sobre los soportes cerámicos.

Mientras el estudio del comportamiento reológico de suspensiones de arcillas cerámicas usadas en la fabricación de baldosas ha sido objeto de numerosos estudios de investigación, la reología de esmaltes y de suspensiones de fritas cerámicas todavía no ha sido estudiada en profundidad, con lo que eso interviene para la obtención de baldosas esmaltadas con características estéticas de alta calidad.

Los parámetros reológicos tienen gran importancia en la definición de las condiciones de esmaltado debiendo estar establecidos de manera tal que durante el proceso de esmaltación no existan defectos superficiales.

Los esmaltes cerámicos son suspensiones concentradas con un contenido en sólidos de 65-70% en peso. El sólido está compuesto principalmente de un material vítreo en un 90-98 % llamado tecnológicamente frita (producto del enfriamiento rápido en agua de un material amorfo fundido a temperaturas próximas a los 1400°C) y en porcentajes no superiores al 10 % de materiales arcillosos y otros aditivos.

Normalmente como materiales arcillosos se utilizan, caolines o bentonitas, estos dan plasticidad a las suspensiones y evitan problemas de sedimentación. Entre los aditivos con carácter ligante figuran las carboximetilcelulosas sódicas (CMC) y como agentes dispersantes las sales sódicas de ácidos inorgánicos / orgánicos; todos estos aditivos vienen añadidos a las fritas durante la molienda.

En el presente trabajo se pretende dar un ejemplo práctico de la realización de un análisis de los puntos de defloculación de los esmaltes a fin de detectar problemas y/o a mejorar las características de éstos.

CAPITULO 1

DEFINICIONES Y CONCEPTOS

1.1 Reología

1.1.1 Definición

Es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. La reología es una parte de la mecánica de medios continuos.

1.1.2 Historia de la Reología

En 1678 Robert Hooke fue el primero que habló de la reología en su libro “Verdadera teoría de la Elasticidad” [1]. Dicha teoría se resumía en lo siguiente: “Si se dobla la tensión, se dobla deformación”.

Nueve años después, Isaac Newton publicó en “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” una hipótesis asociada al estado simple de cizalladura (o corte): “La resistencia derivada de la falta de deslizamiento de las partes de un líquido es proporcional a la velocidad con que se separan unas de otras dentro de él”. Esta necesidad de deslizamiento es lo que ahora se denomina “Viscosidad”, sinónimo de fricción interna. Dicha viscosidad es una medida de la resistencia a fluir.

La reología, es palabra introducida por Eugen Bingham en 1929, al estudio de la deformación y el fluir de la materia. La Real Academia Española define reología como: estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos. Algunas de las propiedades reológicas más importantes son:

- Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte)
Coeficientes de esfuerzos normales
- Viscosidad compleja (respuesta ante esfuerzos de corte oscilatorio)
- Módulo de almacenamiento y módulo de pérdidas (comportamiento visco elástico lineal)

- Funciones complejas de visco elasticidad no lineal

1.1.3 Conceptos técnicos de la reología.

Los estudios teóricos en reología en ocasiones emplean modelos microscópicos para explicar el comportamiento de un material. Por ejemplo en el estudio de polímeros, éstos se pueden representar como cadenas de esferas conectadas mediante enlaces rígidos o elásticos.

La fuerza por unidad de área que se requiere para el movimiento de un fluido se define como F/A y se denota como “ σ ” (tensión o esfuerzo de cizalla). Según Newton la tensión de cizalla o esfuerzo cortante es proporcional al gradiente de velocidad (du/dy), o también denominado como D . Si se duplica la fuerza, se duplica el gradiente de velocidad:

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} = \mu \cdot D$$

Esta fórmula se denomina *Ley de Newton* [2], que es aplicable actualmente aún para unos fluidos determinados (Newtonianos). La glicerina y el agua son ejemplos muy comunes que obedecen la Ley de Newton. Para la glicerina, por ejemplo, la viscosidad vale 1000 mPa·s, en cambio para el agua la viscosidad vale 1 mPa·s, es decir, es mil veces menos viscosa que la glicerina.

En esta época apareció la Ley de Hooke que fue de aplicación para el estudio de la reología de sustancias sólidas:

$$\sigma = G \cdot \gamma$$

Siendo: σ : esfuerzo cortante (Pa)

G : módulo de rigidez (Pa).

γ : deformación (%).

La fórmula nos dice que si se aplica una carga σ sobre un cuerpo sólido, éste va a sufrir una cierta deformación γ . El valor de dicha deformación se mantendrá hasta que cese el esfuerzo aplicado.

Hace 300 años los estudios relacionados con la Reología se reducían a aplicar la Ley de Newton para líquidos y la Ley de Hooke para sólidos. Fue a partir del siglo XIX cuando los científicos comenzaron a tener dudas acerca de la validez universal de estas leyes lineales.

En 1835 W. Weber llevó a cabo una serie de experimentos con gusanos de seda y vio que no eran perfectamente elásticos. Lo que observó fue que una carga longitudinal producía una extensión inmediata, seguida de un posterior alargamiento conforme transcurría el tiempo. Al eliminar la carga se producía una contracción inmediata, seguida de una contracción gradual de la longitud hasta llegar a la inicial. Estas características se asocian a la respuesta de un líquido.

En 1867 J.C Maxwell, en su artículo “Sobre la teoría dinámica de los gases”, incluido en la Enciclopedia Británica, propuso un modelo matemático para describir los fluidos que poseen propiedades elásticas, es decir, elementos asociados a la respuesta de un sólido:

$$\sigma = \beta \cdot \gamma$$

donde β es un parámetro semejante al módulo de rigidez (Parámetro no-nulo). Tanto la conducta que observó Weber en sólidos como Maxwell en líquidos se denominó posteriormente “Viscoelasticidad”.

Después de Maxwell no se profundizó más en el estudio hasta la segunda década del siglo XX, apareciendo una serie de modelos lineales (flujo plástico y punto de fluidez) y no lineales de comportamiento.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, la Reología cobró mucha fuerza con la búsqueda de materiales viscoelásticos para lanzallamas. Aparecieron poco a poco modelos que asumieron que tanto el módulo de rigidez podían variar con la tensión aplicada. Además se observó que la viscosidad también dependía del

tiempo (Tixotropía y Reopexia) y se profundizó en que los materiales reales pueden presentar comportamiento viscoso, elástico, o una combinación de ambos.

En 1945 M. Reiner definió el número de Deborah, D_e como:

$$D_e = \frac{\tau}{T}$$

En donde “ τ ” es el tiempo característico del material y “ T ” el tiempo característico del proceso de deformación. Si D_e era muy alto se consideraba al material como un sólido elástico, y si D_e era muy bajo se le consideraba como un líquido viscoso.

A partir de ese año, el interés por la reología fue aumentando con la aparición de las fibras sintéticas, plásticos, detergentes, aceites multigrados, pinturas y adhesivos entre otros, estudiándose para ello suspensiones newtonianas tanto diluidas como concentradas.

La reología ha sido muy importante y lo seguirá siendo para el desarrollo de múltiples industrias, como por ejemplo la industria farmacéutica y alimentaria, así que es de gran relevancia un estudio minucioso de ésta.

1.1.4 Aplicaciones del estudio de la Reología

- Control de calidad de los alimentos: este control se realiza en la propia línea de producción. Es determinante para la aceptación de productos como patatas fritas, cereales, quesos, aperitivos, yogures, dulces, chocolates, cremas, etc.
- Estudio de la textura y consistencia de productos alimenticios: dichas propiedades son muy importantes a la hora de que un producto sea del agrado del consumidor.
- Producción de pegamentos: el estudio de su plasticidad, de la forma de fluir dentro del recipiente que lo contiene, etc.

- Producción de pinturas: una pintura debe ser esparcida de forma fácil pero sin que escurra.
- Producción de productos cosméticos y de higiene corporal: la duración de una laca sobre el pelo, la distribución de la pasta de dientes por toda la boca, la forma de cómo se esparce una crema, etc. Todas estas características se estudian con la reología para obtener la mayor eficacia del producto.
- Producción de medicamentos: se estudia su estabilidad química, su tiempo de caducidad y su facilidad de extrusión, entre otras.
- Caracterización de elastómeros y de polímeros tipo PVC.
- Estabilidad de emulsiones y suspensiones.
- Caracterización de gasolinas y otros tipos de hidrocarburos.
- Caracterización de metales (en situaciones de elevada temperatura), y de cristales líquidos.
- Control de sustancias que sean transportadas a lo largo de un recipiente cilíndrico (para evitar la reopexia).
- Estudio del magma en vulcanología: cuanto más fluido sea el magma más tendencia va a tener el volcán a que provoque una erupción.

1.2 La Viscosidad

1.2.1 Definición

La *viscosidad* se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del fluido. Dicho concepto se introdujo anteriormente en la Ley de Newton, que relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación (gradiente de velocidad).

$$\tau = \mu \cdot D \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,

τ : esfuerzo cortante [mPa].

μ : viscosidad [mPa·s]

D: velocidad de deformación [s^{-1}]

1.2.2 Unidades

Las unidades de viscosidad más utilizadas son los *milipascales por segundo* [mPa·s].

Se debe tener en cuenta que:

$$1000 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Además, el sistema cegesimal aún se sigue usando, siendo la unidad de medida el *centiPoise* [cp].

La conversión de unidades entre los dos sistemas es:

$$1 \text{ cp} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ Poise} = 1 \text{ g/cm}\cdot\text{s}$$

La tabla siguiente es una aproximación del valor de la viscosidad para sustancias muy conocidas a temperatura y presión ambientales:

Tabla 1.1: Tabla de Viscosidad según el material

Fluidos	Viscosidad aproximada (mPa·s)
Vidrio	10^{43}
Vidrio Fundido	10^{15}
Betún	10^{11}
Polímeros fundidos	10^6
Miel líquida	10^4
Glicerol	10^3
Aceite de oliva	10^2
Agua	10^0
Aire	10^{-2}

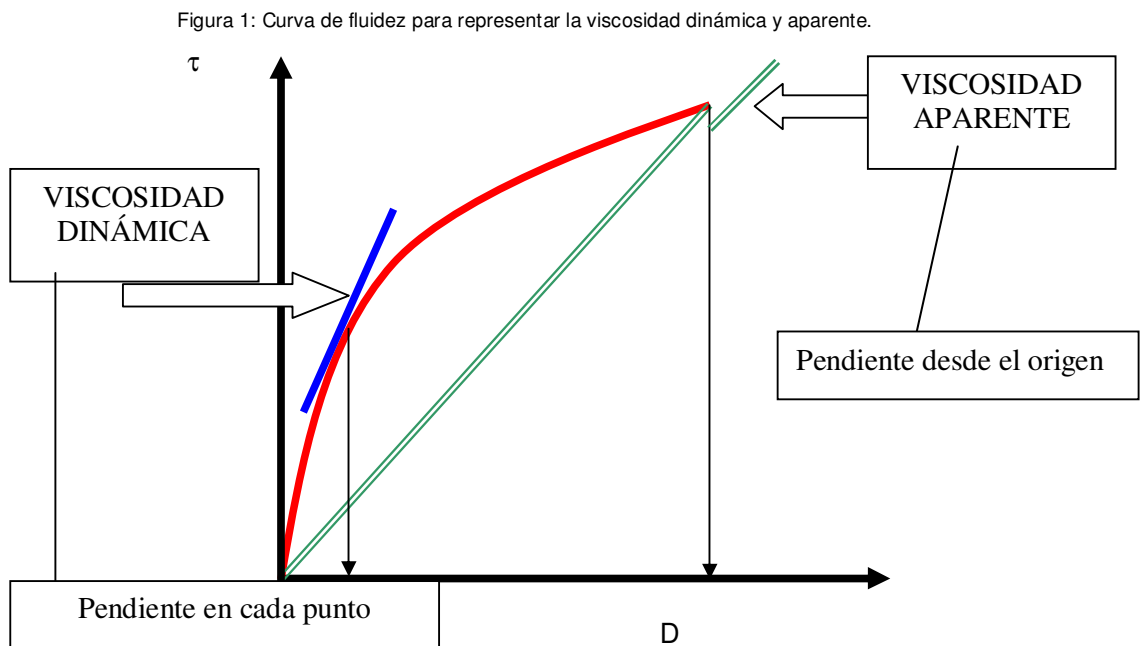
*Fuente: MORENO Botella Rodrigo, "Reología de suspensiones Cerámicas". España, C.S.I.C (Cons. Sup. Inv. Cient.), 2005.

1.2.3 Tipos de viscosidad

Existen tres tipos de viscosidad (figura 1): la viscosidad dinámica, la viscosidad cinemática y la viscosidad aparente.

La viscosidad dinámica o absoluta, denominada " μ " se ha visto anteriormente en la ecuación 1. Si se representa la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define también como la *pendiente* en cada punto de dicha curva.

En cambio, la viscosidad aparente " μ " se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Este término es el que se utiliza al hablar de "viscosidad" para fluidos no newtonianos (figura 1).



Fuente: I. NEBOT DIAZ, M. MARCHAL, M. IRÚN, J.B. CARDA,. "Nuevas Tecnologías para el sector cerámico". Castelló de la Plana, España, Publicaciones de la Universidad Jaume I. 2000.

Por último existe otro término de viscosidad " ν " denominado **viscosidad cinemática**, que relaciona la viscosidad dinámica con la densidad del fluido utilizado. Las unidades más utilizadas de esta viscosidad son los centistokes [cst].

$$1 \text{ stoke} = 100 \text{ centistokes} = \text{cm}^2/\text{s}$$

Su ecuación es la siguiente:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

Siendo:

v : Viscosidad cinemática.

μ : Viscosidad dinámica.

ρ : Densidad del fluido.

1.2.4 Reología de los Esmaltes

La reología de pastas y esmaltes es una de las armas más eficaces para una preparación de pastas cerámicas; engobes, esmaltes y tintas para decoración, y a la vez, poco conocida, y cuyo dominio permite al sector cerámico ahorrar defloculante en pastas, además de preparar la barbotina para la obtención de la granulometría deseada. También hay que resaltar que su uso en el proceso de esmaltado permite obtener una aplicación sin piel de naranja, además de evitar otros defectos, como bordes con exceso de esmalte, arremangados entre otros muchos defectos.

El esmalte es una mezcla de materias primas, entre las que se encuentran en mayor o menor proporción las fritas. En la mayoría de las ocasiones, se aplican en forma de suspensión acuosa.

Los valores de las propiedades reológicas de las suspensiones de esmalte se suelen ajustar mediante el uso de defloculantes, ligantes y suspensivantes como caolines y arcillas.

Uno de los problemas más importantes de las suspensiones de esmalte es, precisamente, la inestabilidad de sus propiedades reológicas, debido a la interacción entre los diferentes aditivos utilizados para controlar las características reológicas de las suspensiones y los cationes disueltos procedentes de las partículas de frita.

En la relación entre esfuerzo y deformación en un sólido. Para unas condiciones dadas de presión y temperatura, el material responde a la aplicación de

un esfuerzo primero con una deformación elástica (reversible, cuyo trabajo se acumula en forma de energía potencial) que es directamente proporcional al esfuerzo; luego con una deformación plástica (irreversible, que se disipa en forma de calor), que crece más deprisa que el esfuerzo; y por último, con una deformación rígida (rotura), que a diferencia de las anteriores, rompe la continuidad original del material

1.3. Floculación y defloculación

1.4.1. Factores importantes

1.4.2. Defloculantes

1.4.1. Hay ciertos factores que favorecen la defloculación, entre ellos se pueden destacar los que se indican a continuación.

En primer lugar, la defloculación se ve favorecida por la presencia de cationes monovalentes en baja concentración, teniendo en cuenta que su eficacia disminuye a medida que crece el peso atómico, es decir $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Cs}^+$. Así como la eliminación de cationes floculantes preferentemente en forma de sales insolubles.

Los cationes floculantes como H_3O^+ o el Ca^{2+} favorecen la formación de uniones entre partículas, aumentando los valores de fluencia y las estructuras tixotrópicas, por lo que la viscosidad será elevada. Si los anteriores cationes son reemplazados por Na^+ , Li^+ o NH_4^+ que favorecen un alto potencial zeta, las fuerzas de atracción entre partículas serán superadas por las fuerzas electrostáticas de repulsión y resultará un sistema defloculado, con un valor de fluencia pequeño y una baja viscosidad.

Como ya se ha indicado, se puede considerar que las suspensiones arcillosas obedecen aproximadamente la ley de Bingham.

1.4. Tipos de esmaltes

Esmaltes principales partiendo de fritas y crudos

Esmaltes blancos brillantes

Estos revestimientos están dotados de elevada opacidad y esta característica es la que le diferencia de la cristalina.

Su principal utilización está enfocada principalmente a soportes coloreados (cotoforte o biscocho rojo).

La opacificación está obtenida introduciéndose en la composición de fritar o en la composición del esmalte un agente opacificante (silicato de zirconio micronizado), aunque en este caso, para cocción a baja temperatura, se utiliza preferentemente frita (90-95%).

Al crecer la temperatura, aumenta progresivamente el porcentaje de los materiales crudos.

Esmaltes mates

Estos esmaltes se obtienen saturando el vidrio, que debe ser estudiado expresamente, de elementos cristalizantes o endurecedores. Los óxidos de zinc, titanio, calcio, bario, magnesio, matizan por cristalización mientras el óxido de aluminio y en cualquier caso el silicato de zirconio matizan por endurecimiento. Hay algunos esmaltes matizados con óxido de zinc y titanio que están compuestos normalmente de una base cristalina fusible y tendencialmente plúmbica.

Estéticamente se presentan con coloraciones no blancas, sino grisácea si es con zinc o amarillenta si es titanio.

Los esmaltes matizados con óxidos alcalinos-térreos se presentan siempre con coloración blanca, y son normalmente muy viscosos. Los esmaltes matizados por endurecimiento son siempre compuestos de bases cristalinas fusibles, y fuertemente endurecidos con alúmina, corindón y silicato zirconio: Cuando el elemento matizante es la alúmina o el corindón se obtienen esmaltes satinados.

Los esmaltes (ZnO - CaO) son compuestos obtenidos directamente de la correspondiente frita en alto porcentaje. Mientras que para temperaturas de cocción muy elevadas se recurre al auxilio de materias primas en crudo.

Esmaltes perlados

Estos esmaltes pueden ser clasificados, en los esmaltes mates. Para obtener este esmalte es necesario partir de una base vítrea fusible para baja temperatura

de cocción. Esta base está opacificada con silicato de zirconio micronizado en porcentaje tal que no endurezca y matizada con la mezcla de los siguientes óxidos: $ZnO-TiO_2-SnO_2$ en la proporción 5/6 - 2/3 - 1/2.

Esmaltes cerosos

Son esmaltes con características intermedias entre un perlado y una cristalina (fusible, semicubriente, semibrillante).

-Ligeramente opacificada con silicato de zirconio (4 a 8%).

Ligeramente matizada con $TiO_2-ZnO-SnO_2$ (1/2 – 4/5 – 0-1).

Esmaltes cristalizados

La cristalización se obtiene a alta temperatura, partiendo de composiciones cristalinas fusibles enriquecidas con óxido de zinc y/o óxido de titanio.

Esmaltes tipo pergamino

Estos esmaltes se obtienen saturando bases vítreas muy fusibles y reactivas con elevado porcentaje de silicato de zirconio. Estos esmaltes se obtienen casi exclusivamente a baja temperatura de cocción. Para mejorar o acentuar el efecto es aconsejable aplicar bajo estos esmaltes, una fina capa de un fondo de preparación fusible.

Esmaltes rústicos

Se pueden clasificar en este grupo, todos aquellos esmaltes de base vítrea más o menos fusible, fuertemente endurecida con materiales de granulometría gruesa. Normalmente estos materiales (varias arenas o corindones) vienen introducidos en la composición al final de la molienda, por lo cual vienen apenas mezclados.

Aventurinas

Son vidriados caracterizados por pequeños cristales en suspensión (Fe-Cr-Cu). La cristalización se realiza por la saturación en caliente del vidriado por parte de un óxido y la relativa separación del mismo durante el enfriamiento.

Engobes

Composición terrosa vitrificada lo suficiente para adherirse al soporte y no quedar porosa. Esta composición viene utilizada normalmente para cubrir

eventuales desgasificaciones de sustancias volátiles tipo ($\text{CO}_2 - \text{SO}_2$) del soporte o para impedir que la sustancia contaminante en el soporte, contamine el esmalte aplicado sobre el mismo (tipo piritas).

La tipología de los esmaltes enumerados anteriormente están en línea con bases más conocidas y utilizadas. Obviamente los esmaltes en el comercio son mucho más, pero todos se pueden agrupar. Se ha querido ver sólo la propiedad más interesante e importante, en cuanto, sólo conociendo las bases fundamentales luego se puedan obtener todos los efectos y las variedades que se deseen.

CAPITULO 2

2.1 Desarrollo del Experimento

2.1.1 Materiales

Para el desarrollo de los experimentos, se utilizó el defloculante TRIPOLIFOSFATO DE SODIO, procedente del proveedor TRIPOLIVEN C.A.

Como material a deflocular, se utilizaron un esmalte y un engobe formulado a nivel de laboratorio.

Adicional para a experimentación están los siguientes herramientas:

- Molinetes cerámicos (capacidad 500g)
- Balanza
- Recipientes
- Copa Ford
- Cronómetro

2.1.2 Detalles explicativos acerca de la experimentación:

El procedimiento a utilizar para medir la viscosidad y elaborar una **curva de defloculación** será realizado de la siguiente manera:

2.1.2.1 Determinación de la Viscosidad

Para la medición de la viscosidad de las muestras de ensayo se ha tomado como referencia el procedimiento de ensayo que se lo aplica en Cerámicas Graiman, en la que se detalla el uso de la Copa Ford con una abertura de boquilla #4.

Para una toma correcta de la viscosidad, se debe homogenizar la muestra por unos 10 segundos, enseguida procedemos a tapar el orificio de salida de la Copa Ford y llenar hasta desbordar con el producto, luego destapamos el orificio; dejando caer el producto de la Copa Ford, al mismo tiempo, ponemos en marcha el cronómetro.

Finalmente, parar el cronómetro en el instante en que el producto deja de fluir de la copa, con lo cual se obtiene el dato de tiempo de flujo.

2.1.2.2 Preparación de las fórmulas de engobe y esmalte

Este punto se refiere al pesaje a nivel de laboratorio de cada una de las materias primas que componen la fórmula tanto del engobe como el esmalte de monoquema, para luego ser molturadas en los molinetes cerámicos por el lapso de 15 minutos y con las concentraciones de defloculante respectivos.

2.1.3 Inicio de los experimentos

Se realizan los experimentos con el esmalte y el engobe de la siguiente manera: primeramente se pesan las fórmulas que componen tanto el esmalte como el engobe, luego los colocamos en los molientes respectivos adicionando el 35% de agua a todas las muestras y también se añade el porcentaje inicial de deflocualnte, y se procede a molturarlo por el lapso de 15 minutos. Una vez molturado el engobe y/o esmalte, se procede a descargarlo y partimos a medir la viscosidad, nuevamente se repite la operación de molturación pero esta vez se aumenta el porcentaje de defloculante, esta operación se repetirá hasta que el valor de la viscosidad se mantenga constante y/o empiece a aumentar.

2.1.3.1 Detalle de los resultados de los experimentos.

A continuación se detallan las pruebas realizadas con el detalle de las cantidades de defloculante utilizados y los resultados obtenidos.

2.1.3.1.1 Prueba 1: Esmalte monoquema

Se procedió a utilizar las siguientes cantidades:

PRUEBA	TRIPOLIFOSFATO %	VISCOSIDAD seg.
inicio	0	2.12
P1	0.03	1.26
P2	0.05	1.09
P3	0.1	0.51
P4	0.15	0.44
P5	0.2	0.40
P6	0.25	0.37
P7	0.3	0.36
P8	0.35	0.37
P9	0.4	0.37
P10	0.45	0.37
P11	0.5	0.38
P12	0.7	0.40

Tabla 2.1 Prueba 1: esmalte monoquema

2.1.3.1.2 Prueba 2: Engobe monoquema

Se obtienen los siguientes resultados:

PRUEBA	TRIPOLIFOSFATO %	VISCOSIDAD seg.
inicio	0.00	0.30
P1	0.25	0.20
P2	0.35	0.17
P3	0.45	0.17
P4	0.55	0.17
P5	0.65	0.17

Tabla 2.2 Prueba 1: engobe monoquema

2.1.3.1.3 Prueba 3: Engobe biquema

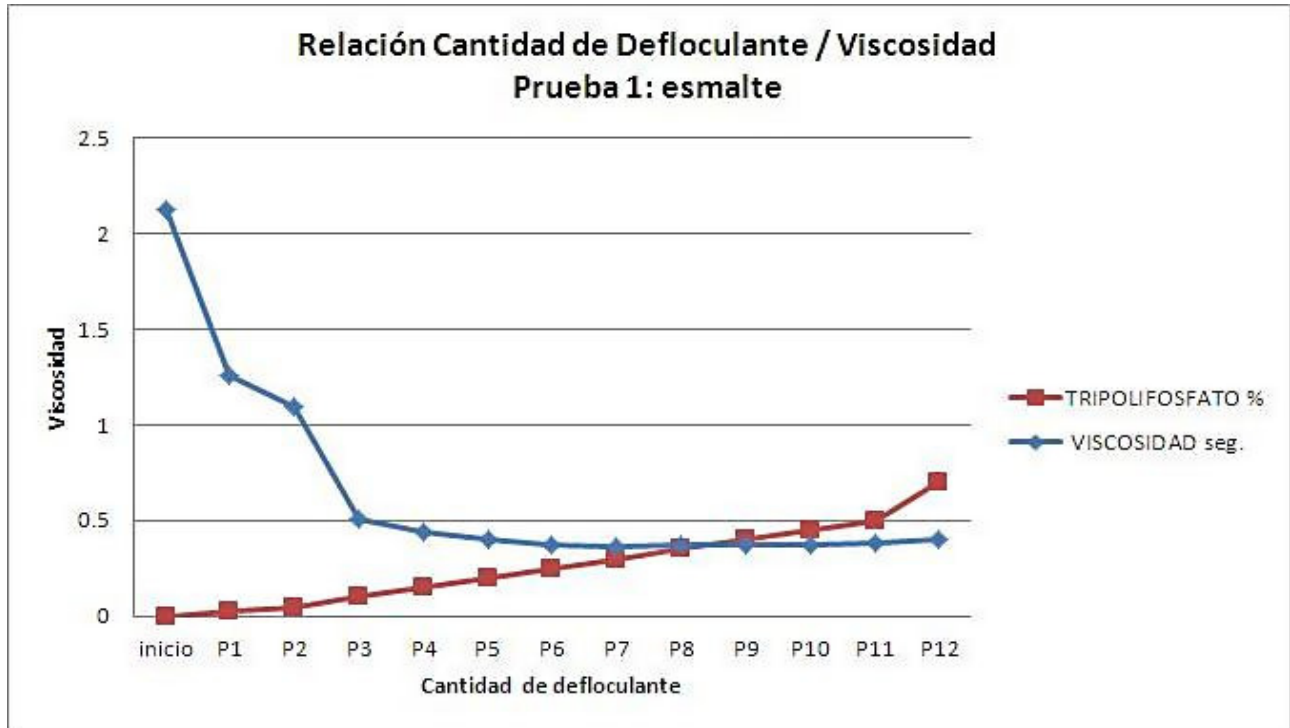
Resultados obtenidos:

PRUEBA	TRIPOLIFOSFATO %	VISCOSIDAD seg.
inicio	0.00	3.00
P1	0.10	3.00
P2	0.20	3.00
P3	0.30	3.00
P4	0.40	1.12
P5	0.50	0.48
P6	0.60	0.42
P7	0.70	0.40
P8	0.80	0.40

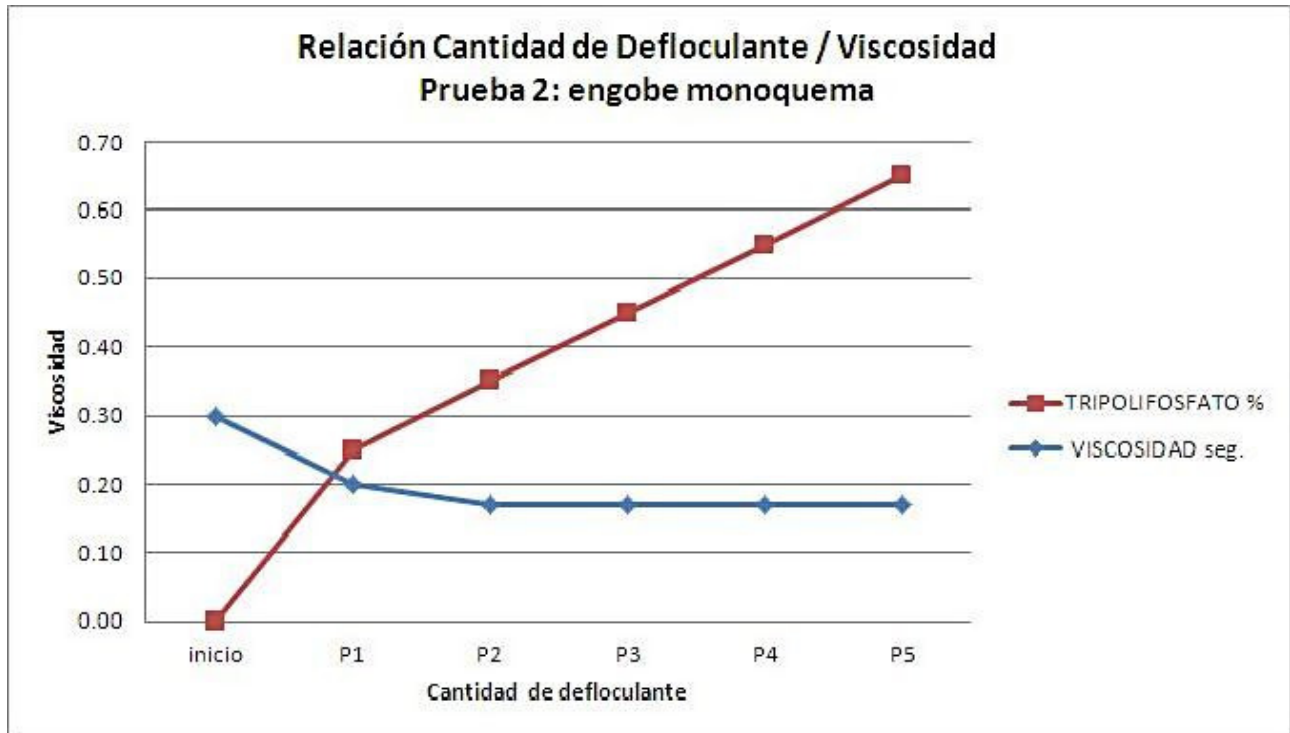
Tabla 2.3 Prueba 1: engobe biquema

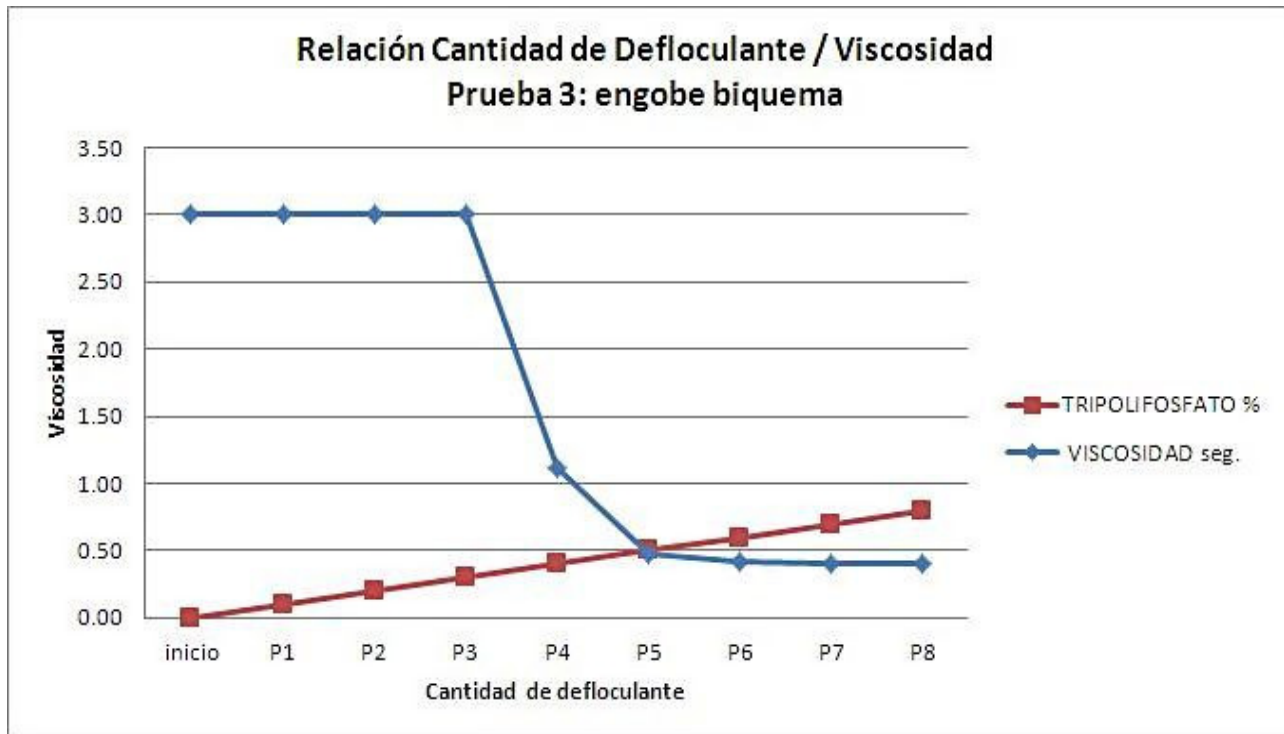
Para tener una visualización más clara de los resultados, es necesario colocarlos en un gráfico para así compararlos:

PRUEBA 1:



PRUEBA 2:



PRUEBA 3:**2.1.4 Interpretación de los resultados.**

En los gráficos de los ensayos realizados, se observan claramente los efectos de la relación entre la cantidad de defloculante y la viscosidad de cada uno de los tres compuestos ensayados.

En el primero que corresponde al esmalte de monoquema, se observa una muy gradual caída de la viscosidad a medida que aumentamos la cantidad de defloculante, teniendo en la P6 un tiempo constante.

En la segunda prueba la viscosidad es constante a partir del P2 en la cual nos podemos dar cuenta que el porcentaje de Trípoli fosfato de sodio es bajo con relación a los otros ensayos.

En la tercera prueba, correspondiente al engobe de biquema, salen inicialmente con una viscosidad bastante alta, lo que nos sugiere los altos porcentajes de materiales arcillosos que la componen, resultado de esto, el uso de porcentajes bastante altos de defloculante.

3. CONCLUSIONES

Según el experimento tres (ver gráfico) y la foto 1, nos podemos dar cuenta que el porcentaje de tripolifosfato de sodio de 0.10%, 0.20%, y 0.30%, de las pruebas 1, 2 y 3, con una viscosidad de 3' todas ellas, se obtienen piezas con defectos como piel de naranja, y desconchado, ya que por la baja cantidad de trípoli fosfato de sodio el material no alcanzó el óptimo de defloculación para una superficie ideal.

En el mismo experimento 3 (ver gráfico) y la foto 2, podríamos decir que el porcentaje de tripolifosfato empleado 0.40%, con una viscosidad de 1'13" es el más óptimo, ya que nos permite obtener superficie vitrificadas correctamente, se puede decir que el engobe está normal.

Analizando el mismo experimento 3 (ver gráfico) y la foto 3, de las pruebas 5, 6, 7 y 8 con los porcentajes de 0.50%, 0.60%, 0.70% y 0.80% de tripolifosfato de sodio, con una viscosidad de 0.48", 0.42", 0.40" y 0.40", son porcentajes muy altos, razón por la que el engobe sobredefloculó y nos va a dar problemas en la aplicación del mismo en la línea de esmaltado, al igual que tendremos el defecto de chorreado.

Para la determinación del punto de floculación y defloculación de un esmalte o engobe, el método utilizado fue sencillo y práctico, porque mediante él se pudo determinar el punto más óptimo. Podemos decir además que, mediante éste método, se evita el uso indiscriminado de defloculante, además de verificar la eficacia de ellos.

Es importante señalar además, de la importancia de la experimentación previa a la implementación de nuevas tecnologías, nuevos materiales, etc., antes de su uso e implementación en producción, ya que con ello nos lleva a determinar las mejores opciones con los consecuentes resultados óptimos en toda la cadena de la línea productiva.

En base a la curva de la prueba 3.

Foto 1



Foto 2

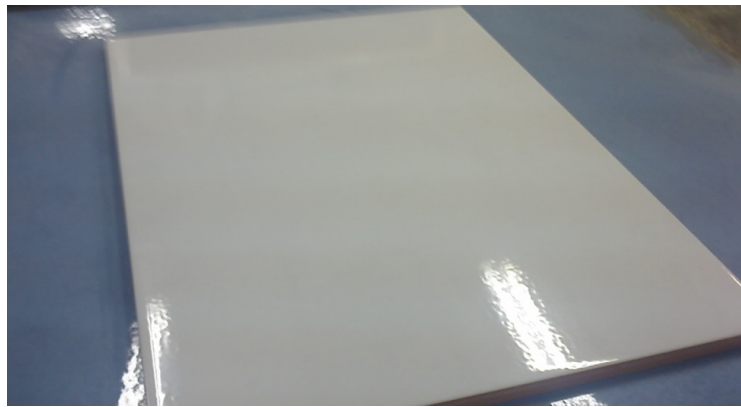


Foto 3



BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. MORENO Botella Rodrigo., “Reología de suspensiones Cerámicas”. España, C.S.I.C (Cons. Sup. Inv. Cient.), 2005.
2. AENOR; Asociación Española de Normalización y Certificación., “Baldosas Cerámicas, adhesivos para baldosas y materiales de rejuntado”. España, Ediciones AENOR, 2004.
3. I. NEBOT DIAZ, M. MARCHAL, M. IRÙN, J.B. CARDA. “Nuevas Tecnologías para el sector cerámico”. Castelló de la Plana, España, Publicaciones de la Universidad Jaume I. 2000.
4. NORTON, H. “Cerámica Fina”. Barcelona - España, Ediciones Omega, Tercera edición, 1988.
5. SACMI; Asociación Española de Técnicos Cerámicos., “Tecnología Cerámica Aplicada”. Castellón – España, Editorial *Faenza Editrice Ibérica*, Tomo I, 2004.
6. Revista ION. Universidad Industrial de Santander. “Centro de Estudios de Ingeniería Química”. Volumen 7. Bucaramanga. 1983. pag. 77 – 86.
7. BAILEY, W. J., WEIR, I. S. “Investigation of Methods for Direct Rheological Model Parameter Estimation”, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 21, pp. 1-13, 1998.
8. Ranalli, G. 1995. “Rheology of the Earth. Chapman and Hall (London)”. 413 pp.
9. BIRD, R. B., STEWARD, W. E., LIGHTFOOT, E. N. “Transport Phenomena”, John Wiley & Sons Inc., 1960.
10. HONEY, H. C., PRETORIUS, W. A. “Laminar Flow Pipe Hydraulics of Pseudoplastic-Thixotropic Sewage Sludges”, Department of Chemical Engineering, University of Pretoria, South Africa, 1999.
11. Sanchez Muñoz Luis, Carda Juan B. “Materias primas y aditivos cerámicos”. Castellón – España, *Editrice Ibérica*, s.l. 2003.

REFERENCIAS ELECTRONICAS:

1. http://www.construnario.com/notiweb/titulares_resultado.asp?regi=15463
[consulta 05 de junio de 2009].
2. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37321836.html
[consulta 30 de junio de 2009].
3. <http://ceramica.wikia.com/wiki/Archivo:Esfuerzo-deformacion.png> [consulta 30 de mayo de 2009].
4. http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/curso_reologia.pdf [consulta 30 de mayo de 2009].