



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

ESTUDIO DE LA RELACION ENTRE LA DEFORMACION TERMICA DE LAS BALDOSAS Y EL PERFIL GRANULOMETRICO DE LA PASTA

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN CERAMICA

AUTORES:

JUAN HERIBERTO SALINAS SALINAS

JUAN DIEGO NAULA CARDENAS

DIRECTOR:

Ing. AUGUSTO RODAS

CUENCA, ECUADOR

2012

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo con amor a mis padres, a mi esposa Marieta y a mis queridas hijas Daniela y Jessica por el apoyo incondicional que me han brindado, para salir adelante en la culminación de mis metas y así llevar mi vida profesional con éxito para forjar mejores días.

Juan S.

Este trabajo está dedicado a mis hijos David y Esteban que son la razón de mi vida, a mi esposa Mónica por haberme tenido tanta paciencia durante mis estudios y en mi vida laboral, a mi mami Olguita por ser la persona que me ha apoyado y la que siempre está conmigo, a mis hermanas Fabi y Paca gracias por ser mis amigas al igual que a mi sobrina Daniela Lucia. Gracias a ustedes por haberme llevado a realizar una de mis metas en la vida, ser un profesional.

Juan Diego

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer sobremanera al Ing. Alfredo Peña Calderón (†) e Ing. Alfredo Peña Payró, directivos de Cerámicas Graitman por el apoyo y el éxito de este que empezó como un proyecto y hoy llega a su culminación.

En la universidad del Azuay al Dr. Piercósimo Tripaldi e Ing. Cristian Rojas y también al Ing. Augusto Rodas, director de tesis.

Juan Salinas quiere agradecer a:

Dios por darme la oportunidad de superarme, a los directivos de Cerámicas Graitman, a la Universidad del Azuay en la persona del Dr. Piercósimo Tripaldi, quien con sus sabios conocimientos y experiencias, contribuyó al éxito de la presente propuesta.

Juan Diego agradece a:

Ing. Sonia Ortega (†) por ser la principal gestora de este proyecto, a don Jorge Gonzales por ser quien me apoyó, al Ing. Esteban Alvear.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatorias.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Indice de contenidos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	1

CAPITULO 1: La deformación térmica.

1.1	Concepto de planaridad.....	3
1.2	Diagnóstico de la planaridad.....	4
1.3	Causas de la planaridad dentro de proceso productivo.....	4
1.4	La deformación térmica.....	5
1.4.1	El proceso de cocción.....	5
1.4.2	Transformaciones desarrolladas en la cocción.....	6
1.4.3	Causas que pueden influir en la cocción para una deformación térmica.....	7
1.4.4	Control para evitar la deformación térmica.....	9

CAPITULO 2: Perfil granulométrico de la pasta.

2.1	Introducción.....	11
2.2	Concepto de granulometría o residuo.....	11
2.3	Importancia de la granulometría o residuo.....	12

2.4	Métodos para la determinación de la granulometría.....	13
-----	--	----

CAPITULO 3: Desarrollo de la práctica.

3.1	Desarrollo del procedimiento.....	14
-----	-----------------------------------	----

3.2	Resultados obtenidos.....	24
-----	---------------------------	----

CONCLUSIONES.....	27
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA.....	28
--------------------------	-----------

ESTUDIO DE LA RELACION ENTRE LA DEFORMACION TERMICA DE LAS BALDOSAS Y EL PERFIL GRANULOMETRICO DE LA PASTA

RESUMEN

Dentro del campo de la fabricación de cerámica plana hay muchas variantes y factores a ser tomados en cuenta para la optimización ya sea de la materia prima, procesos o aspectos relacionados directamente con la manufactura. Uno de estos y muy importante es el que tiene que ver con la granulometría dentro de lo que constituye la pasta con la que se fabrica el producto cerámico, ya que al ser el inicio de la manufactura de esto depende en gran medida, que el resto de procesos sean óptimos, y que la calidad del producto final sea la mejor, considerando dentro de calidad el hecho de que la planaridad sea aceptable con el afán de que esta no refleje algún defecto de deformación que altere la estética del producto.

Palabras claves: cerámica plana – manufactura – granulometría – pasta – planaridad

Autores:



Juan Heriberto Salinas Salinas



Representante U.D.A.



Juan Diego Naula Cárdenas

ABSTRACT

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THERMAL DISTORTION AND GRANULOMETRIC PROFILE FOR PASTE

Within the field of the fabrication of ceramic flat tiles there are many variables and factors to be considered for its optimization, whether it is the prime matter, processes, or other aspects that are directly related with the manufacturing process. One of these processes, and a very important one, is granulometry regarding the paste that is employed for the fabrication of the ceramic product. Since this is the beginning of the manufacturing process, the optimization of the other processes and the upgrading of the final product depend on it. Acceptable flatness is considered within the quality of the product, which means that it must not show defects or distortions that affect its appearance.

Key Words: ceramic flat tiles – manufacturing – granulometry – paste – flatness.

Authors:

Juan Heriberto Salibas Salinas

U.D.A Representative

Juan Diego Naula Cárdenas



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

ESTUDIO DE LA RELACION ENTRE LA DEFORMACION TERMICA DE LAS BALDOSAS Y EL PERFIL GRANULOMETRICO DE LA PASTA

INTRODUCCION

En la actualidad y debido a la demanda en el mercado de productos cerámicos, las empresas se ven cada vez en la necesidad de optimizar los procesos, ya sea mejorando las calidades de la materia prima, la implementación y/o renovación de los equipos y sobre todo nuevas tecnologías que permitan aumentar el rendimiento para obtener mejores resultados en cuanto a producción y calidad.

Por este hecho, no quiere decir que al tratar de incrementar la producción se debe bajar la calidad del producto, sino al contrario las dos deben estar ligadas con el fin de obtener buenos beneficios.

Y dentro del proceso en cuanto a la mejora, está la optimización en lo que se refiere a la molienda y quema en el horno, reduciendo en lo posible el tiempo de molienda sin que se llegue a alterar en demasía los parámetros de densidad, viscosidad y residuo de la barbotina para que esta tenga características adecuadas y no afecte luego en el siguiente proceso de atomizado. De igual manera, los ciclos de quema deben estar acorde con las características finales del producto para que no se vean afectadas sus condiciones físicas y estéticas.

Es por eso que uno de los grandes errores que se cometen en la industria cerámica es tratar de arreglar problemas en el último proceso de producción, en este caso la quema, cuando los inconvenientes se pudieron haber suscitado incluso desde la materia prima y que esta podría afectar en gran medida a lo que molienda se refiere siendo esta una de las que aporta en forma fundamental al comportamiento del soporte cerámico.

Si bien se ha implementado cada vez tecnología más sofisticada para las operaciones, es sumamente fundamental que los controles sobre los procesos y sobre los parámetros sean de forma permanente para poder así garantizar que la cadena productiva sea la mejor y que un proceso no se vea afectado por el anterior.

En el caso de la pasta cerámica veremos que al sufrir una variación en cuanto a los parámetros de molienda, como la granulometría de la misma, pudieran llegar a afectar o tener influencia sobre la planaridad del producto terminado.

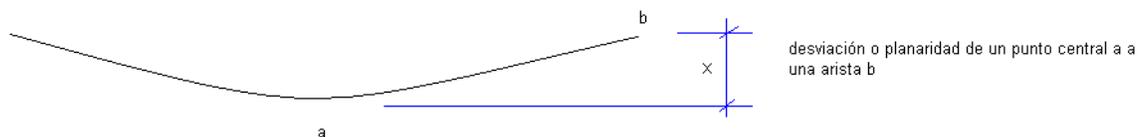
CAPITULO 1

LA DEFORMACION TERMICA

1.1 Concepto de planaridad.

La planaridad en un material cerámico plano es la torsión o alabeo en el producto, generado por las características de los materiales de los que están compuestos al ser sometidos a la acción de una quema. Toda pieza cerámica por la tanto tiene una planaridad que difiere de otra pieza, sin embargo se considera la pieza como defectuosa cuando esta sobrepasa de unos rangos o especificaciones impuestas, y que se la puede clasificar sea dimensional o visualmente.

En el caso de que se le quiera dar un valor dimensional se utilizan lectores con sensores que contienen ciertos rangos impuestos de los que la pieza cerámica no deben exceder siendo esto considerado como un defecto y por ende de una calidad menor. Los sensores no hacen más que analizar tomando como referencia ya sea una arista o un punto fijo en la superficie de la pieza y realizando una comparación con otros puntos o aristas y si supera dicho rango este pasará como defecto, algo que es importante es que una misma pieza puede tener dos o más defectos según la planaridad que tenga.



En otros casos el defecto puede existir pero puede resultar mínimo o de un valor imperceptible para los sensores, pero aun así estéticamente visible comprometiendo a la pieza cerámica por lo que se opta por clasificarla visualmente o lo que se llama al reflejo. Esto lo tiene que realizar personal adiestrado para poder observar los defectos solamente basándose en el reflejo a la luz y en normas ya sean internas o internacionales que definan criterios de clasificación.

Cabe recalcar que todas las piezas dentro de un lote cerámico tienen diferente planaridad según las condiciones que se desprenden de cada uno de los procesos al que es sometido un producto cerámico, siendo que cada uno de estos procesos puede influenciar para la planaridad final de un producto ya sea en más o menos injerencia contrario a lo que se puede creer que solo la quema es capaz de dar la planaridad definitiva.

1.2. Diagnóstico de la planaridad.

Cuando se afrontan problemas de planaridad en un producto cerámico, es de enorme importancia una cuidadosa observación del o los defectos para extraer un diagnóstico lo más acertado posible tomando en cuenta que un producto difiere de otro sea el caso de los productos brillantes con otros de textura mate. El perfil de la deformación, pequeñas diferencias en la sección de carga, variaciones por determinados acontecimientos y/o circunstancias, relación con problemas de otra naturaleza, todo esto referido como dijimos a las características del producto tratado es básico para una primera hipótesis, que debe verificarse a continuación con los ensayos oportunos.

Como también definimos en el concepto, el defecto de la planaridad no se genera necesariamente por un error de funcionamiento o regulación en el horno; a menudo se trata de la inadecuación del horno de poder eliminar el efecto de otros errores que se presentan en los precedentes procesos de producción. Uno de los casos bastante frecuentes y de los que lo desarrollaremos más adelante, es la incompatibilidad entre las pasta, el engobe y el esmalte eventual por el desarrollo de las correspondientes curvas dilatómicas; asimismo, se puede dar una densidad no homogénea de las piezas, una escasa resistencia estructural en las piezas muy fundidas, muy delgadas o conformados de forma especial.

1.3 Causas de la planaridad dentro del proceso productivo.

Dentro del proceso de producción, pueden darse muchas causas que puedan afectar a la planaridad de un producto terminado. Por ejemplo dentro de lo que es el prensado, puede darse como problema el hecho de que la compactación de prensado no sea homogénea, dando como resultado el hecho de que queden puntos con una densidad aparente baja y otros con alta generando que sea esta variación que cause que en un lado o en otro en el momento de la quema se observe una deformación. Otro de los problemas que pudiera producirse es una variación dentro del espesor, cuando el bizcocho esta dentro de parámetros de espesor normales esto nos dará como resultado un producto óptimo, pero si existiera una bajada de los rangos de espesor esta tendería a pandearse con la temperatura de quema. De allí podemos desprender que el prensado es de gran importancia si se quiere que la planaridad sea normal, por ende se debe tener cuidado en que las condiciones de la prensa sean favorables, que los moldes no estén desgastados, las reglas de expulsión estén niveladas y sobre todo que la presión de prensado sea regular y no tenga altibajos.

Otro factor que incide directamente en la planaridad se da en el esmaltado, involucrando directamente al lo que se refiere primero a las condiciones de engobes y esmaltes que deban tener un coeficiente de dilatación que sean compatibles con el soporte (bizcocho), ya que de esto dependerá que la curvatura que nos dé el engobe se contraponga a la curvatura que nos pueda dar el esmalte dando así un equilibrio para que el producto no tienda a volverse o muy cóncavo o muy convexo. Por esto es que dentro a lo que se refiere ya el proceso de esmaltado es de gran importancia el hecho de que se mantengan siempre constantes los pesos y densidades tanto de engobe como esmalte.

Si bien como dijimos anteriormente se pueda pensar que el horno es la única causa que pueda aportar con las características finales de planaridad los otros procesos también son importantes, por lo que finalmente estaría el proceso en sí de quema en el que obviamente la parte mecánica, o sea las condiciones del horno tienen que ser las apropiadas, tanto en lo que se refiere a material refractario como a los rodillos cerámicos y otros como las condiciones de los quemadores y ventiladores sea estos de entrada o salida de aire.

1.4 La deformación térmica.

1.4.1. El proceso de cocción.

La cocción es la operación fundamental del proceso tecnológico, ya que da origen al material cerámico, transformando las materias primas de la pasta en nuevos compuestos cristalinos y vítreos que confieren al producto cocido unas propiedades concretas: la insolubilidad y la solidez que garantizan el mantenimiento de la forma, la resistencia mecánica, la porosidad o la permeabilidad, la resistencia química, etc.

Por lo que se refiere al revestimiento vítreo, la cocción provoca su fusión, la formación de una capa continua vidriada, bien anclada y compenetrada con el soporte, con particulares propiedades químicas y físicas y con determinadas características estéticas (entre ellas la planaridad).

La cocción consiste en el calentamiento, por lo tanto, en la transmisión de energía al producto seco hasta una temperatura establecida y durante un tiempo determinado (ciclo), para que se puedan desarrollar las transformaciones físicas y químicas que llevan a la pasta y al esmalte a adquirir las propiedades requeridas del producto cerámico. En el pasado, la temperatura a alcanzar, el tiempo y las modalidades de cocción se decidieron en función de de la experiencia, pero en la actualidad, los mismos parámetros operativos se establecen en función de los conocimientos químicos y del comportamiento técnico de las materias primas utilizadas, y a través de los análisis preliminares realizados sobre las mismas, especialmente mediante los análisis térmicos. Los equipos de los que se disponen en la actualidad permiten producir, de modo cada vez más preciso, las condiciones de operación, realizando cocciones muchísimo más controladas que son la base de cualquier producción normalizada y en serie.

1.4.2. Transformaciones desarrolladas en la cocción.

La cocción se realiza a través de la propagación del calor dentro del horno y en la masa de los productos cerámicos.

El calentamiento provoca la dilatación de los productos, a causa del aumento de la amplitud de las vibraciones de los átomos que los compone. La magnitud de este fenómeno depende de la naturaleza química del material, de su estructura cristalina o vítrea y de sus propiedades relativas, de las transformaciones que se desarrollan durante el calentamiento; se ha constatado que los compuestos cristalinos presentan

una mayor dilatación con respecto a los vítreos, como las estructuras compactas con respecto a las porosas.

Ya que los materiales que componen los productos sufren, en el transcurso de la cocción, transformaciones que conducen a la desaparición de determinados compuestos y a la formación de otros nuevos, la dilatación refleja esta evolución con un desarrollo en función de la composición inicial de la pasta, de las transformaciones que se producen y de la temperatura alcanzada. Por lo tanto, en la primera cocción, a igualdad de la temperatura final alcanzada, una pasta presenta un comportamiento dilatométrico diferente de lo que se obtendría durante calentamientos sucesivos: la dilatación térmica relativa a la primera cocción es irreversible, mientras que la de una composición de pasta ya cocida y calentada de nuevo es reversible.

Otra transformación física que se produce durante la cocción es la fusión de los fundentes integrados en la composición de la pasta o del esmalte. En el sector cerámico se encuentra la fusión de mezclas eutécticas que permiten la obtención de una fase líquida a temperaturas más bajas de aquellas necesarias para fundir los materiales individuales; se ha constatado que cuanto más numerosos y complejos son los posibles eutécticos entre los óxidos aportados por las materias primas, más fundente resulta la composición.

La acción de fusión contrasta, en sucesión, con aquella expansiva descrita anteriormente, y provoca una serie de transformaciones estrechamente correlacionadas entre sí: disminución de la porosidad, aumento de la densidad, reacciones sólido-sólido y sólido-líquido, incremento de las propiedades tecnológicas.

Con el aumento de la temperatura crece progresivamente la proporción de fundido y, al mismo tiempo, disminuye la viscosidad del sistema. Se verifica un gradual reblandecimiento del conjunto y una progresión de los fenómenos ligados a la formación de la fase líquida: infiltración del líquido en las cavidades de la masa, disolución de los gránulos, difusión del material disuelto en el residuo de la fase líquida, cristalización del soluto en equilibrio con el disolvente una vez alcanzada la saturación. Al mismo tiempo, aumentan los inconvenientes relativos a esta reducción de la viscosidad de la pieza, que comportan un control más difícil de la curva de gresificación del material (desarrollo de la contracción y absorción de agua en función de la temperatura) y la posibilidad de defectos de planaridad debidos a la falta de homogeneidad de la superficie de apoyo de la baldosa, que avanza sobre los rodillos en movimiento del horno.

1.4.3. Causas que pueden influir en la cocción por una deformación térmica.

Pueden existir muchas causas que generen una deformación de planaridad en cuanto al proceso de la cocción y específicamente del horno. Primero debemos advertir que la calibración y el control del horno lo debe realizar personal cualificado y que las condiciones no se deben variar frecuentemente, sino se debe mantener dicha calibración en forma constante siendo que estas se varíen solo cuando se tratan de cambios de productos a productos complejos o que requieran de un tratamiento o de una cocción especial.

Partiendo de esto lo primero a tener en cuenta es el estado de quemadores, los mismos que deben estar en buenas condiciones al igual que los conos por donde saldrá la llama al interior del horno, la presión de aire de combustión debe ser calibrada de tal manera que dentro de un anillo refractario no exista demasiada variación entre quemadores, e incluso que entre las zonas de cocción tampoco haya una variación brusca, ni que se dé un desequilibrio entre un lado u otro del horno. La presión de entrada de combustible (en nuestro caso G.L.P.), también debe ser igual en cada anillo refractario, so pena de que una mala regulación de esta originara que la llama que sale del quemador al horno pueda ser débil o alta afectando lógicamente al material.

El material refractario no debe estar quebrado o roto al igual que las posibles fugas ya sean laterales o superiores deben ser reducidas, generalmente aplicando material como lana de vidrio. Al estar el material refractario por ejemplo fisurado, dejará escapar el calor interior al ambiente por lo que habría una deficiencia de temperatura en esta zona siendo imperativo reemplazar lo más pronto posible el refractario dañado o en su defecto tratar de aislarlo puede ser con lana de vidrio.

Las muflas que separan las distintas zonas del horno también son importantes, ya que si estas están rotas no habrá un reflujo estable en la atmósfera al interior del horno sino que la presión interna hará que el aire caliente trate de escapar por los lugares donde las muflas estén rotas generando así que sea esta una parte afectada en cuanto a planaridad ya que estará más afectada por la presencia del flujo de aire que la parte en cambio en la que no esté rota por lo que habrá menos salida de aire. Tomar en cuenta también que la altura de las muflas con respecto al plano de rodillos, estén calibradas a la misma altura ya que podría pasar como en el caso anterior de que si estuvieran rotas.

La presión y la depresión en la zona de quema debe ser constante y controlada ya que al no serlo se originaría un mal reflujo del aire caliente al interior del horno y por ende una mala cocción y de seguro una deficiente planaridad. Para evitar esto se debe revisar con frecuencia los ventiladores y aspiraciones tanto motores como bandas y poleas para que estas trabajen con normalidad y así evacuen o ingresen aire constante. Aquí cabe recalcar que al haber una mala depresión del horno esta hará que el aire de los humos del interior del horno que salgan por la chimenea al exterior puedan afectar a la zona de precalentamiento y pre horno ya que si esta es muy alta hará que estas zonas tengan una temperatura muy baja y por ende no puedan desgaseificar adecuadamente el material evidenciando la presencia de corazón negro en el producto terminado, siendo esta una de las causas que más problema da de planaridad.

Una de los componentes que más influyen en la planaridad de un producto terminado son los rodillos cerámicos. Estos deben estar limpios por lo que se hace menester un chequeo permanente de los mismos para así evitar que haya formaciones de residuos cerámicos generalmente esmaltes que van chorreados en la parte inferior de la pieza los que al acumularse generan estos tacos de residuos que en el momento que pase la carga de material por sobre ellos tenderán a coger la curvatura de dicha malformación. Para evitar esto se debe engobar los rodillos de tal manera que estos aplaquen la formación de dichos residuos. También los rodillos que por efecto del mismo uso, u otros que por ejemplo han estado rozando con los ladrillos o material refractario tienen un desgaste, también tienen que ser reemplazados ya que si no se produciría un efecto de grada que haría que la carga suba y baje al toparse con uno o varios de estos rodillos desgastados.

Por último se puede apuntar que los controladores ya sea de temperaturas o presiones del horno deben también estar en buen estado y con una calibración justa. Las termocuplas que miden la temperatura interna al igual que los servomotores que abren y cierran las electroválvulas de los quemadores deben estar trabajando con normalidad parte concerniente al mantenimiento mecánico y eléctrico de los hornos. Una mala lectura en los controladores digitales o analógicos podrían también hacer que hay una mala maniobra en los controles de los quemadores o que simplemente estos no den la temperatura o presión reales con las que se trabajan.

1.4.4 Control para evitar la deformación térmica

Cuando se debe enfrentar problemas de planaridad de las baldosas, es de extrema importancia una cuidadosa observación del defecto para extraer un

diagnóstico lo más exacto posible. El perfil de la deformación, pequeñas diferencias en la sección de la carga, variaciones por determinados acontecimientos y circunstancias, relación con problemas de otra naturaleza: todo esto referido a las características del producto tratado es básico para una primera hipótesis, que debe verificarse a continuación de los ensayos oportunos.

El defecto de planaridad no se genera necesariamente por un error en el funcionamiento o regulación del horno; a menudo se trata de la inadecuación del horno de poder eliminar el efecto de otros errores aguas arriba en el proceso de producción como ya lo dijimos anteriormente.

A menudo un ajuste adecuado del horno soluciona el problema; a veces solo puede atenuarlo, a veces no se encuentra o no existe un ajuste satisfactorio.

Para regular la planaridad del producto cerámico se aprovecha sobre todo las implicaciones de la contracción lineal en cocido de la cerámica. La parte expuesta a la mayor temperatura se contrae más; con una temperatura más alta en la parte superior, la pieza se contrae más arriba y se produce una deformación cóncava; con la temperatura más alta en la parte inferior, la pieza se contrae más abajo y se produce una deformación convexa.

Las piezas cóncavas o convexas, avanzan apoyándose solo sobre los rodillos con un área limitada. La parte suspendida, cuando ya se inicia el reblandecimiento de la pasta, tiende a aplastarse (colapsar) por gravedad; esto es la causa de otra deformación sustancialmente contraria a la provocada por la diferencia de temperatura.

Puesto que el aplastamiento requiere un mínimo de tiempo, la deformación puede producirse sobre todo cuando la deformación térmica se produce al inicio-centro de la zona de cocción.

Ya que el calentamiento de las piezas se favorece y se anticipa en la periferia con respecto al centro, una diferencia apreciable de temperatura en el breve tiempo del final de la cocción produce una convexidad o concavidad pronunciada en las esquinas de la pieza.

En fin pueden darse muchos casos de planaridad en el producto final, sin embargo, se debe considerar que cualquier cambio en el horno toma su tiempo en reaccionar no pudiendo a veces tener resultados inmediatos, siendo lo más aconsejable actuar con prudencia en base a las experiencias adquiridas y algo fundamental al conocimiento de la persona que manipulara el horno sin dejar de observar permanentemente el material para comprobar la evolución del mismo.

CAPITULO 2

PERFIL GRANULOMETRICO DE LA PASTA

2.1 Introducción

Al tratar de partir desde un comienzo dentro del proceso de elaboración de un producto cerámico el primer paso a ser tomado en cuenta es la elección de la materia prima adecuada que no sea solo buena en calidad sino que se ajuste al producto que necesitamos fabricar. Una vez hecho esto y luego de que se ha dado el tratamiento adecuado a la materia prima, es decir, la ubicación dentro de la mina o patio del punto más óptimo de extracción, el transporte y posteriormente el almacenaje que se debe darle en patios o box cubiertos de tal manera que no tengan que captar el agua del ambiente o la lluvia o no pierdan humedad por acción de los rayos del sol, el primer paso a dar ya dentro de la planta de producción misma es lo relacionado a la molienda.

Esta se lo puede hacer de dos maneras, ya sea utilizando molinos discontinuos, es decir, donde la molienda se realizará en un molino relativamente pequeño en el que luego de introducida la materia prima junto con los otros componentes como agua y defloculante, esta se realizara en un tiempo limitado para luego ser descargada en cisternas que almacenaran la barbotina para su posterior atomización. Y la otra manera con molinos continuos, siendo estos de mayor tamaño que los anteriores y en los cuales la molienda se realiza en forma continua, sin interrupciones por carga de la materia prima o los otros componentes ya que por acción de inercia esta se cargará por un extremo y se descargará por el otro extremo en un cierto tiempo ya como barbotina. La ventaja de los molinos continuos es la capacidad de los mismos y que el proceso en si no se ve interrumpido por la carga de la materia prima cada cierto tiempo generando en un consumo a parte del tiempo, en energía eléctrica por citar un ejemplo ya que al no tener que hacer permanentes prendidas se evita la transferencia de arranque de corriente estrella-triangulo al momento de que este trata de romper la inercia, lo que incrementa notablemente el costo de la energía.

2.2. Concepto de granulometría o residuo

Indiferente a qué tipo de molienda se utilice, sea continua o discontinua, luego de hecha la molienda en la barbotina se debe controlar ciertos parámetros que tienen que ser los adecuados para el siguiente proceso que viene, el atomizado. Estos parámetros a ser controlados son: la densidad, la viscosidad y el residuo.

Cada uno de estos es de enorme importancia ya que de esto depende que el atomizador pueda producir un polvo adecuado y también que este no sea afectado en su funcionamiento como por ejemplo en el tiempo de atomizado, en el tapado de lanzas por partículas o residuos muy altos o en la dificultad de que la barbotina suba desde la cisterna al atomizador mismo.

El residuo no es más que la cantidad de sedimento que queda en la barbotina y que no ha sido molido en su totalidad, es decir, que no está en estado líquido sino que mantiene su estado sólido.

2.3 Importancia de la granulometría o residuo

La granulometría o residuo es de enorme importancia, ya que representa el último parámetro para la verificación de la eficacia del proceso.

La granulometría de la pasta influye drásticamente en el comportamiento durante la cocción:

- Superficie específica y reactividad;
- Curvas de contracción-gresificación;
- Deformaciones piropásticas;
- Absorción de agua;
- Corazón negro;
- Defectos debido a contaminaciones.

Generalmente, el residuo se determina pesando una muestra de barbotina y haciéndola pasar por un tamiz correspondiente a una cantidad de material seco conocido, registrando el valor acumulativo del residuo seco sobre los tamices.

Un solo tamiz no es suficiente para establecer la granulometría de una pasta. A menudo se elige como referencia los residuos porcentuales sobre dos tamices de luz neta de 63 μm (malla 230, 10000 mallas/cm²) y 45 μm (malla 320, 1600 mallas/cm²). Sin embargo, si no cambian las características de las materias primas o las condiciones de operación de molienda, el residuo porcentual a 63 μm constituye un parámetro válido de control de la operación.

Tripología del producto	Residuo % sobre 63 μm	Residuo % sobre 45 μm
Monococción porosa roja	35 - 37	33 - 35
Monococción porosa blanca	34 - 36	32 - 34
Monococción gresificada roja	38 - 40	36 - 38
Monococción gresificada blanca	33 - 35	31 - 33
Bicocción rápida	35 - 38	33 - 36
Gres porcelánico	33 - 35	31 - 32

2.4 Métodos para la determinación de la granulometría.

Ya describimos anteriormente como se puede determinar el residuo a través de tamices, sin embargo hay otros métodos que nos permiten incluso tener un valor más real de la granulometría.

- Por sedimentación del material disperso en un líquido, generalmente agua, que a causa de la fuerza de gravedad cuando se somete a una centrifugación.
- Por contacto mediante un aparato electrónico que cuenta los impulsos de una señal que emite la partícula en suspensión en un líquido, generalmente agua.
- Por microscopía ya sea óptica o electrónica, que resulta tal vez el factor esencial en el análisis de la forma de la partícula.

CAPITULO 3

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.1 Desarrollo del procedimiento.

Nuestro trabajo constituyó en analizar el efecto de la granulometría de la pasta sobre la deformación térmica, es decir, si esta afecta o no a la planaridad en el producto terminado. Para establecer esto, se realizaron varias moliendas de pasta blanca y se las quemó en el horno de porcelanato.

El primer paso fue realizar moliendas con residuos de 0,5%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% en pasta blanca y en molinos de pruebas de bolas.





Luego de realizado esto, se procedió al análisis de la granulometría, mediante el DTP, para así establecer el tamaño real de las partículas.

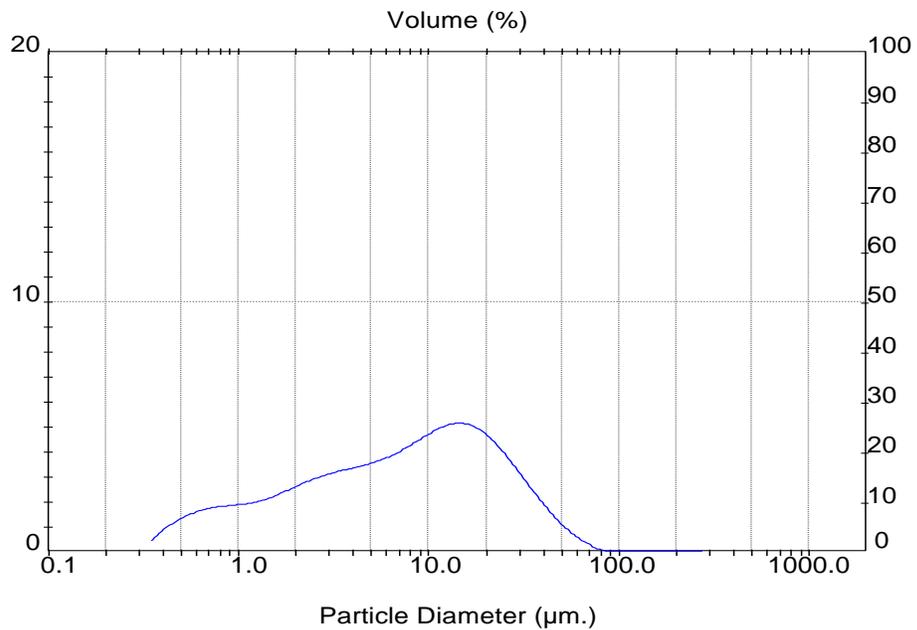


Dicho análisis nos dio como resultado estos histogramas con las equivalencias respectivas.

Molienda
al 0,5%

Result: Analysis Table

ID: barbot pto 0.5%resid		Run No: 1		Measured: 14/8/2008 11:45			
File: BARBOT		Rec. No: 94		Analysed: 14/8/2008 11:45			
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analysed					
Sampler: Internal			Measured Beam Obscuration: 21.1 %				
Presentation: 4OHD			Analysis: Poly disperse				
Modifications: None			Residual: 0.203 %				
Conc. = 0.0131 %Vol		Density = 1.555 g/cm ³		S.S.A.= 1.3679 m ² /g			
Distribution: Volume		D[4, 3] = 11.72 um		D[3, 2] = 2.82 um			
D(v, 0.1) = 0.97 um		D(v, 0.5) = 7.62 um		D(v, 0.9) = 28.22 um			
Span = 3.576E+00		Uniformity = 1.142E+00					
Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.31	0.44	1.95	2.72	12.21	5.13	76.32	0.09
0.36	0.84	2.28	2.93	14.22	5.15	88.91	0.00
0.42	1.19	2.65	3.10	16.57	4.97	103.58	0.00
0.49	1.47	3.09	3.24	19.31	4.59	120.67	0.00
0.58	1.67	3.60	3.36	22.49	4.06	140.58	0.00
0.67	1.79	4.19	3.48	26.20	3.42	163.77	0.00
0.78	1.86	4.88	3.63	30.53	2.76	190.80	0.00
0.91	1.91	5.69	3.82	35.56	2.10	222.28	0.00
1.06	1.98	6.63	4.07	41.43	1.50	258.95	0.00
1.24	2.09	7.72	4.36	48.27	0.99	301.68	0.00
1.44	2.27	9.00	4.67	56.23	0.59		
1.68	2.49	10.48	4.95	65.51	0.29		
1.95		12.21		76.32			



Molienda al 1%

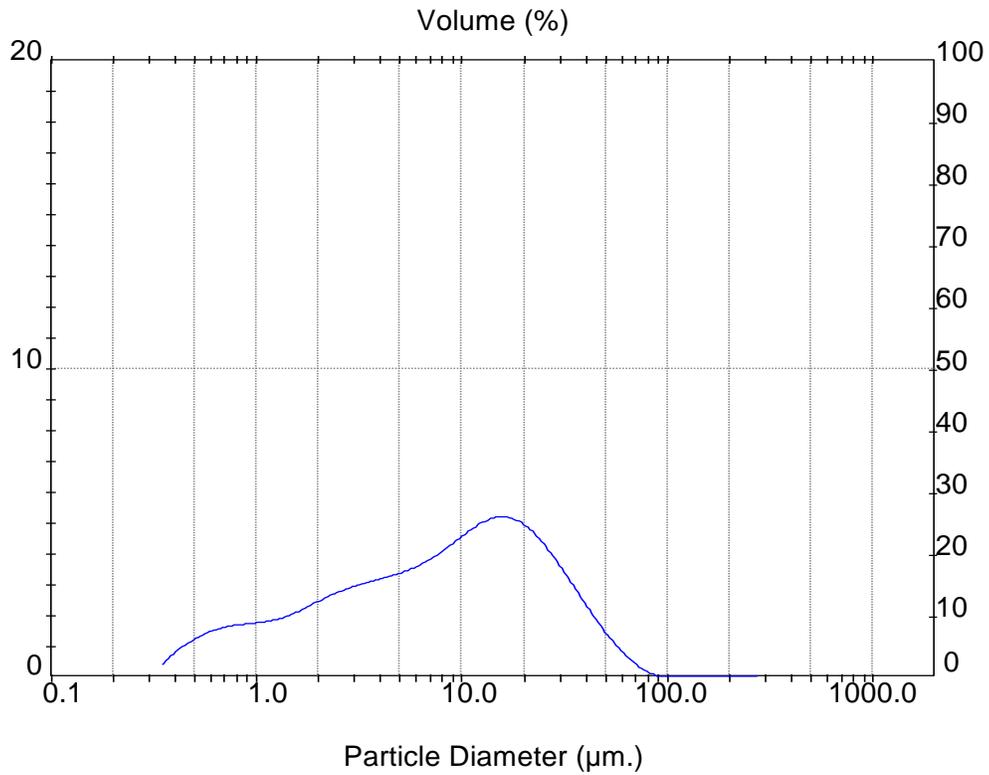
Result: Analysis Table

ID: barbot procela 1%	Run No: 1	Measured: 14/8/2008 12:08
File: BARBOT	Rec. No: 96	Analyzed: 14/8/2008 12:08
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analy sed

Sampler: Internal	Analys is: Poly disperse	Measured Beam Obscuration: 18.0 %
Presentation: 4OHD		Residual: 0.223 %
Modifications: None		

Conc. = 0.0116 %Vol	Density = 1.555 g/cm ³	S.S.A. = 1.2907 m ² /g
Distribution: Volume	D[4, 3] = 12.86 μ m	D[3, 2] = 2.99 μ m
D(v, 0.1) = 1.02 μ m	D(v, 0.5) = 8.48 μ m	D(v, 0.9) = 31.02 μ m
Span = 3.537E+00	Uniformity = 1.123E+00	

Size (um)	Volume In %						
0.31	0.41	1.95	2.57	12.21	5.10	76.32	0.16
0.36	0.79	2.28	2.76	14.22	5.21	88.91	0.00
0.42	1.11	2.65	2.93	16.57	5.14	103.58	0.00
0.49	1.37	3.09	3.07	19.31	4.87	120.67	0.00
0.58	1.55	3.60	3.19	22.49	4.42	140.58	0.00
0.67	1.67	4.19	3.31	26.20	3.85	163.77	0.00
0.78	1.73	4.88	3.45	30.53	3.21	190.80	0.00
0.91	1.78	5.69	3.64	35.56	2.55	222.28	0.00
1.06	1.84	6.63	3.88	41.43	1.89	258.95	0.00
1.24	1.95	7.72	4.19	48.27	1.31	301.68	0.00
1.44	2.12	9.00	4.52	56.23	0.81		
1.68	2.34	10.48	4.85	65.51	0.43		
1.95		12.21		76.32			

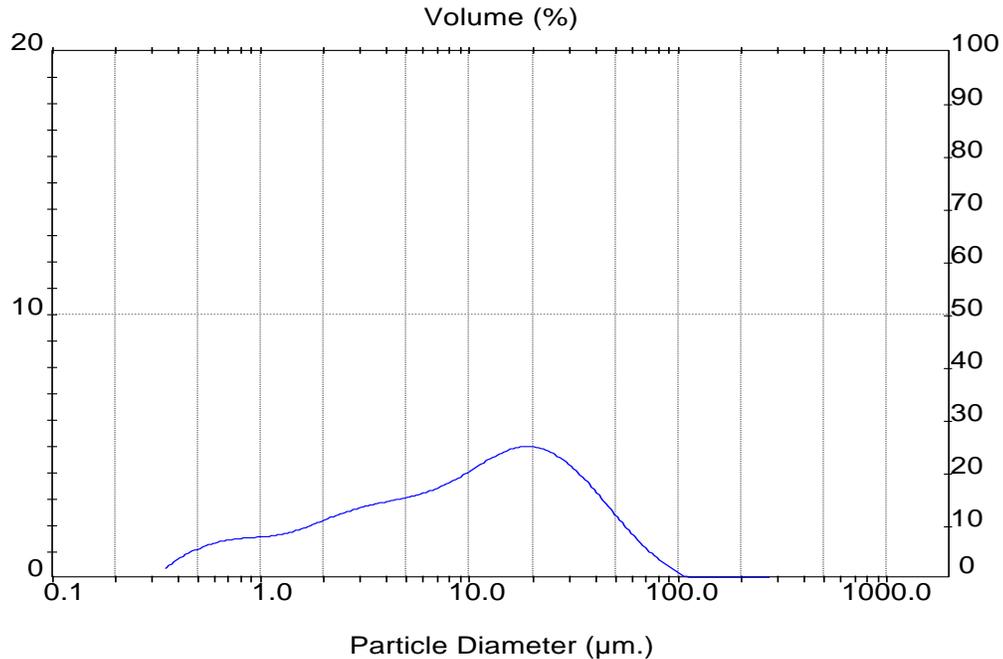


Molienda al 2%

Result: Analysis Table

ID: barbot procela 2%	Run No: 1	Measured: 14/8/2008 12:31
File: BARBOT	Rec. No: 97	Analyzed: 14/8/2008 12:31
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analy sed
Sampler: Internal	Analysis: Poly disperse	Measured Beam Obscuration: 14.6 %
Presentation: 4OHD		Residual: 0.173 %
Modifications: None		
Conc. = 0.0101 %Vol	Density = 1.555 g/cm ³	S.S.A. = 1.1688 m ² /g
Distribution: Volume	D[4, 3] = 16.08 μ m	D[3, 2] = 3.30 μ m
D(v, 0.1) = 1.13 μ m	D(v, 0.5) = 10.32 μ m	D(v, 0.9) = 39.43 μ m
Span = 3.712E+00	Uniformity = 1.176E+00	

Size (um)	Volume In %						
0.31	0.37	1.95	2.30	12.21	4.65	76.32	0.68
0.36	0.71	2.28	2.49	14.22	4.88	88.91	0.33
0.42	1.00	2.65	2.65	16.57	5.00	103.58	0.07
0.49	1.23	3.09	2.79	19.31	4.98	120.67	0.00
0.58	1.39	3.60	2.91	22.49	4.80	140.58	0.00
0.67	1.49	4.19	3.01	26.20	4.47	163.77	0.00
0.78	1.55	4.88	3.13	30.53	4.03	190.80	0.00
0.91	1.59	5.69	3.27	35.56	3.48	222.28	0.00
1.06	1.64	6.63	3.47	41.43	2.87	258.95	0.00
1.24	1.73	7.72	3.72	48.27	2.24	301.68	0.00
1.44	1.89	9.00	4.02	56.23	1.64		
1.68	2.09	10.48	4.34	65.51	1.12		
1.95		12.21		76.32			



Molienda al 3%

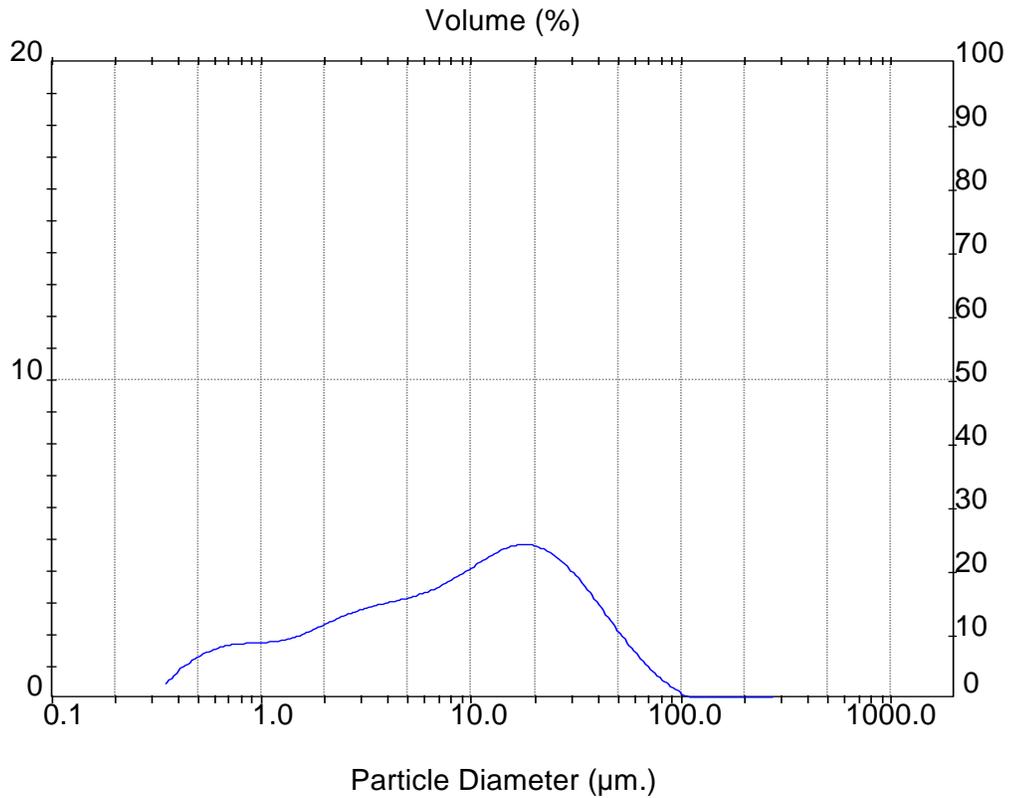
Result: Analysis Table

ID: barbot pto 3%residuo	Run No: 1	Measured: 14/8/2008 11:18
File: BARBOT	Rec. No: 92	Analy sed: 14/8/2008 11:18
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analy sed

Sampler: Internal	Anal ysis: Poly disperse	Measured Beam Obscuration: 26.7 %
Presentation: 4OHD		Residual: 0.191 %
Modif ications: None		

Conc. = 0.0186 %Vol	Density = 1.555 g/cm ³	S.S.A. = 1.2782 m ² /g
Distribution: Volume	D[4, 3] = 14.95 μ m	D[3, 2] = 3.02 μ m
D(v, 0.1) = 1.00 μ m	D(v, 0.5) = 9.25 μ m	D(v, 0.9) = 37.08 μ m
Span = 3.900E+00	Uniformity = 1.237E+00	

Size (um)	Volume In %						
0.31	0.43	1.95	2.42	12.21	4.60	76.32	0.56
0.36	0.82	2.28	2.61	14.22	4.78	88.91	0.26
0.42	1.16	2.65	2.77	16.57	4.84	103.58	0.04
0.49	1.42	3.09	2.90	19.31	4.76	120.67	0.00
0.58	1.60	3.60	3.00	22.49	4.54	140.58	0.00
0.67	1.71	4.19	3.10	26.20	4.17	163.77	0.00
0.78	1.75	4.88	3.22	30.53	3.70	190.80	0.00
0.91	1.77	5.69	3.36	35.56	3.15	222.28	0.00
1.06	1.80	6.63	3.55	41.43	2.56	258.95	0.00
1.24	1.88	7.72	3.78	48.27	1.97	301.68	0.00
1.44	2.02	9.00	4.06	56.23	1.42		
1.68	2.21	10.48	4.34	65.51	0.95		
1.95		12.21		76.32			



Molienda al 4%

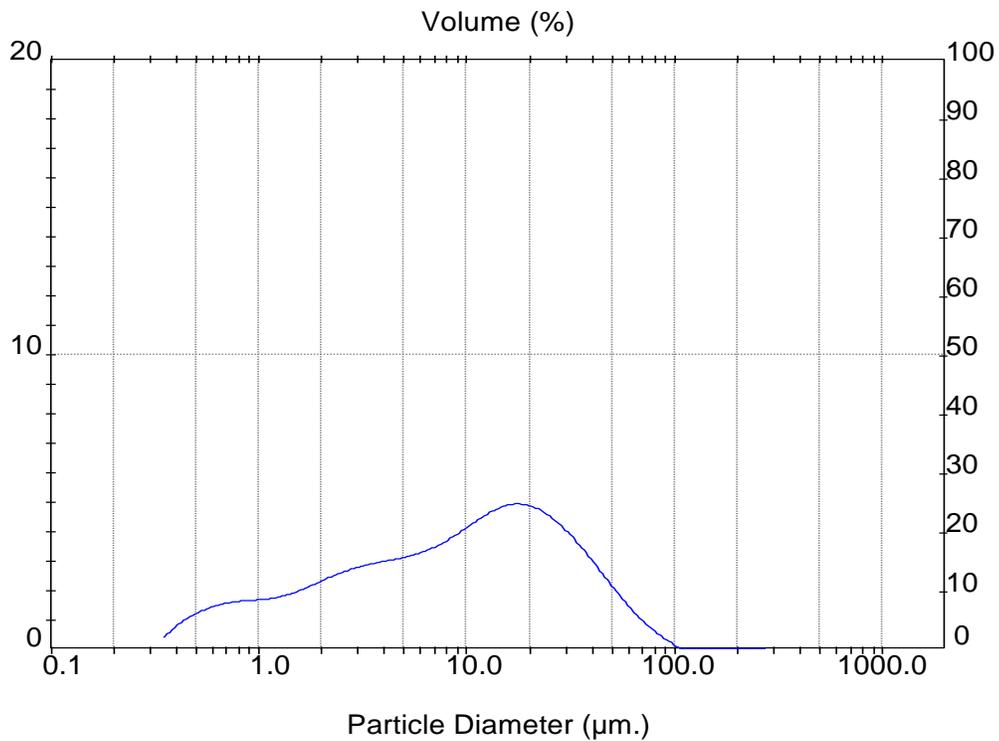
Result: Analysis Table

ID: barbot pto 4%residuo	Run No: 1	Measured: 14/8/2008 11:34
File: BARBOT	Rec. No: 93	Analy sed: 14/8/2008 11:34
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analy sed

Sampler: Internal	Anal ysis: Poly disperse	Measured Beam Obscuration: 21.2 %
Presentation: 4OHD		Residual: 0.226 %
Modifications: None		

Conc. = 0.0145 %Vol	Density = 1.555 g/cm ³	S.S.A.= 1.2385 m ² /g
Distribution: Volume	D[4, 3] = 15.10 μ m	D[3, 2] = 3.12 μ m
D(v, 0.1) = 1.05 μ m	D(v, 0.5) = 9.52 μ m	D(v, 0.9) = 37.28 μ m
Span = 3.804E+00	Uniformity = 1.205E+00	

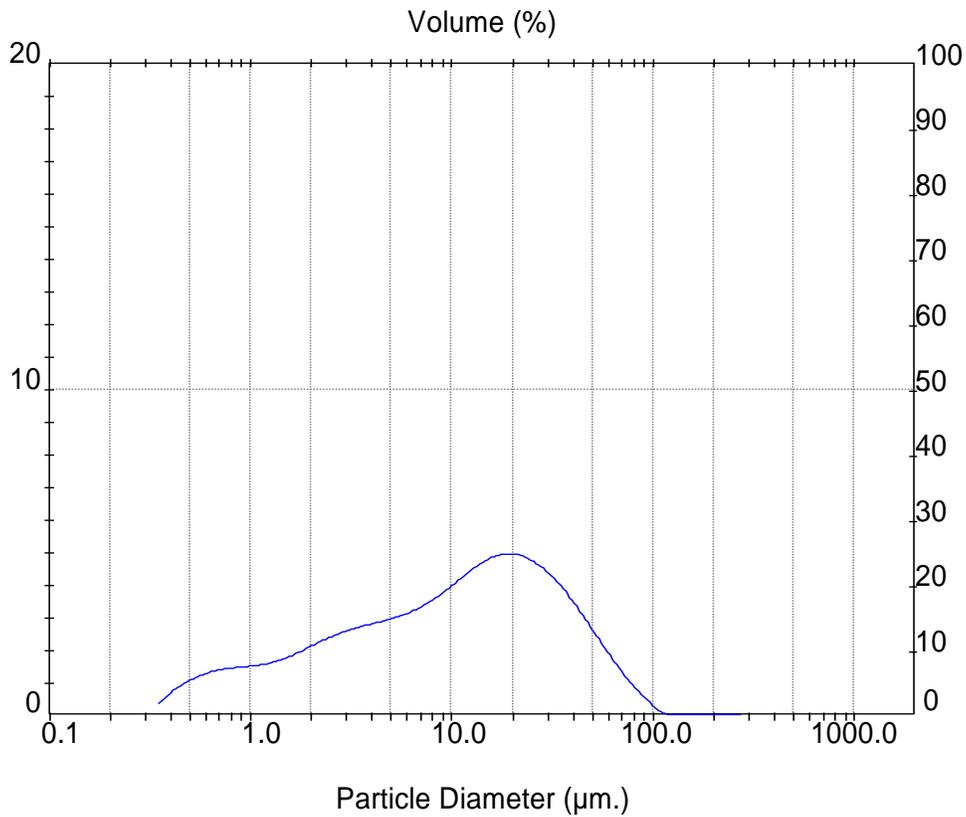
Size (um)	Volume In %						
0.31	0.40	1.95	2.42	12.21	4.70	76.32	0.57
0.36	0.77	2.28	2.61	14.22	4.89	88.91	0.26
0.42	1.09	2.65	2.77	16.57	4.95	103.58	0.03
0.49	1.34	3.09	2.90	19.31	4.85	120.67	0.00
0.58	1.51	3.60	2.99	22.49	4.60	140.58	0.00
0.67	1.62	4.19	3.08	26.20	4.22	163.77	0.00
0.78	1.67	4.88	3.19	30.53	3.74	190.80	0.00
0.91	1.70	5.69	3.33	35.56	3.19	222.28	0.00
1.06	1.75	6.63	3.53	41.43	2.59	258.95	0.00
1.24	1.85	7.72	3.78	48.27	2.00	301.68	0.00
1.44	2.00	9.00	4.09	56.23	1.45		
1.68	2.21	10.48	4.41	65.51	0.96		
1.95		12.21		76.32			



Molienda al 5%

Result: Analysis Table

ID: barbot pto 5%residuo		Run No: 1		Measured: 14/8/2008 11:54			
File: BARBOT		Rec. No: 95		Analysed: 14/8/2008 11:54			
Path: C:\SIZERMU\DATA\		Source: Analysed					
Sampler: Internal			Measured Beam Obscuration: 15.6 %				
Presentation: 4OHD			Residual: 0.242 %				
Modifications: None			Analysis: Poly disperse				
Conc. = 0.0112 %Vol		Density = 1.555 g/cm ³		S.S.A.= 1.1382 m ² /g			
Distribution: Volume		D[4, 3] = 16.92 um		D[3, 2] = 3.39 um			
D(v, 0.1) = 1.16 um		D(v, 0.5) = 10.85 um		D(v, 0.9) = 41.70 um			
Span = 3.737E+00		Uniformity = 1.179E+00					
Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.31	0.36	1.95	2.23	12.21	4.59	76.32	0.83
0.36	0.69	2.28	2.42	14.22	4.83	88.91	0.43
0.42	0.97	2.65	2.58	16.57	4.97	103.58	0.12
0.49	1.19	3.09	2.72	19.31	4.96	120.67	0.00
0.58	1.35	3.60	2.82	22.49	4.82	140.58	0.00
0.67	1.45	4.19	2.92	26.20	4.54	163.77	0.00
0.78	1.50	4.88	3.04	30.53	4.15	190.80	0.00
0.91	1.54	5.69	3.18	35.56	3.66	222.28	0.00
1.06	1.59	6.63	3.38	41.43	3.08	258.95	0.00
1.24	1.68	7.72	3.64	48.27	2.47	301.68	0.00
1.44	1.83	9.00	3.95	56.23	1.87		
1.68	2.03	10.48	4.28	65.51	1.32		
1.95		12.21		76.32			



Terminado esto, se procederá a la elaboración de las placas, para finalmente ser quemadas en el horno de porcelanato con la siguiente curva de cocción:

		1140	1140			
		1180	1181			
		1180	1179			
		1210	1209			
		1216	1216	CICLO HORNO		
		1210	1210	52:03		
		1216	1216			
		1210	1210			
		1216	1216			
		1085	1048			
		1130	1130			

3.2 Resultados obtenidos.

Terminado esto obtuvimos los siguientes resultados:

En las placas con molienda de 0,5% de residuo, tenemos una desviación promedio de 1,33% con respecto a la horizontal.



En las placas con molienda de 1% de residuo, la desviación con respecto a la horizontal es de 1%



En las placas con molienda de 2% de residuo, la desviación con respecto a la horizontal es de 1,5 %



En las placas con molienda de 3% de residuo, la desviación con respecto a la horizontal es de 1,1%



En las placas con molienda de 4% de residuo, la desviación con respecto a la horizontal es de 1,1%



En las placas con molienda de 5% de residuo, la desviación promedio con respecto a la horizontal es de 1,2%



CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos llegar a que si bien como lo desarrollamos en la teoría, al anotar que el residuo es un parámetro muy importante dentro de lo que se refiere a la molienda, al hacer el análisis experimental podemos notar que la variación del residuo cuando es menor no debería influir en cuanto a la planaridad del producto final, ya que notado en las distintas pruebas realizadas no hay una mayor diferencia entre las mismas.

Cabe considerar que si bien es cierto a nivel de producción con todo a gran escala puede ser más notoria la diferencia, pero a nivel de laboratorio concluiremos que el residuo no interviene en la deformación térmica del producto terminado, pudiendo este tal vez afectar en otras circunstancias del proceso.

Con un sistema de control más prolijo desde el inicio de la manufactura, se puede lograr que los resultados en el producto final sean los mejores y que el desperdicio o la calidad baja puedan reducirse considerablemente aumentando con esto la productividad y reduciendo considerablemente los costos por material defectuoso.

BIBLIOGRAFIA

NORTON, H. "Cerámica Fina". Barcelona - España, Ediciones Omega, Tercera edición, 1988.

GUTIERREZ, H. y VARA, R. "Análisis y diseño de experimentos". México, Editorial McGraw – Hill, 2008.

AMORÒS Alberto, BELTRÀN Porcar, BLASCO Fuentes, NAVARRO Enrique, ESCARDINO Benlloch, NEGRE Medall., "Defectos de Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos". España, T. G. Ripoll, S.A. 1991.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

[Granulometría - CeraWiki - Cerámica Wiki - Wikia](http://ceramica.wikia.com/wiki/Granulometr%C3%ADa)
[ceramica.wikia.com/wiki/Granulometría](http://ceramica.wikia.com/wiki/Granulometr%C3%ADa)

[Arcilla - Wikipedia, la enciclopedia libre](http://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla)
es.wikipedia.org/wiki/Arcilla