



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Estudio de la relación entre la fuerza de  
prensado y la absorción de agua**

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

**Autores:**

**León Ortiz Wilson Rodrigo  
Cordero Ortega Juan Pablo**

**Director:**

**Ing. Augusto Rodas**

**Cuenca, Ecuador**

**2011**

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo a mi esposa e hijos, que han estado a mi lado apoyándome y que constituyen mi mayor tesoro y a mi familia que son los que me han encaminado a seguir adelante en todos mis proyectos.

*Wilson León*

Primeramente quiero agradecer a Dios por permitir que culmine mi estudio hasta convertirme en un profesional en la rama de la cerámica, lo cual me permite desempeñarme óptimamente en el ejercicio de mis labores en la empresa Graiman.

Agradezco a mi familia, en especial a mis padres, que me han apoyado de principio a fin y siempre han estado ahí para levantarme en los momentos de caída.

*Juan Pablo Cordero*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos más que nada a DIOS por permitirnos culminar con éxito nuestros estudios, y que nos ha dado fortaleza en todas las dificultades.

Este triunfo también le debemos a todos los ejecutivos y jefes departamentales que integran el Grupo Graiman que hicieron posible gracias a su apoyo tanto económico como moral, para que culminemos con éxito esta carrera y por la confianza que depositaron en cada uno de nosotros, lo cual fue pilar fundamental para incentivarnos y esforzarnos para lograr lo que hoy estamos celebrando.

Por último, también este agradecimiento para nosotros mismos, por ser perseverantes y luchadores para conseguir escalar un poquito más, porque bien sabido es que el que se esfuerza triunfa, y; pues cuando estás preparado y la oportunidad se presenta podemos decir que hemos conseguido éxito en la vida.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

Dedicatorias.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Ilustraciones y Cuadros.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1

**CAPITULO 1.**

1.1	Productos de arcilla.....	3
1.2	Características de la arcilla.....	3
1.3	Composiciones de los productos de arcilla.....	5
1.4	Técnicas de producción: Proceso de Atomización.....	5
1.5	Prensado en polvo.....	7
1.6	Sistemas de prensado en cerámica plana.....	10
1.6.1	Prensa Mecánica.....	10
1.6.2	Prensa Hidráulica.....	11
1.6.3	Prensa Isostática.....	12
1.7	Moldes utilizados en la conformación de las piezas.....	13
1.7.1	Moldes de punzón penetrante.....	13
1.7.2	Moldes de acero templado y pulido (tipo espejo).....	13
1.7.3	Moldes de conformación superior.....	13
1.7.4	Molde de punzón isostático.....	14

**CAPITULO 2**

2.1	Desarrollo del experimento.....	15
2.1.1	Materiales.....	15
2.1.2	Comienzo de la experimentación.....	15
2.1.3	Procedimiento para la elaboración de placas.....	15
2.1.4	Procedimiento para la medición de la Absorción de agua.....	16
2.2	Expresión de los resultados.....	17
2.2.1	Prueba 1: 40 bar de presión.....	17
2.2.2	Prueba 2: 60 bar de presión.....	18

2.2.3 Prueba 3: 80 bar de presión.....	18
2.2.4 Prueba 4: 100 bar de presión.....	19
2.2.5 Prueba 5: 120 bar de presión.....	20
<b>3. CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>23</b>

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Tabla 2.1: Pruebas a ensayar con las respectivas presiones y la temperatura de cocción.....	14
Tabla 2.2: Valores en gramos.....	14
Tabla 2.3: Resultados de la prueba 1 .....	15
Tabla 2.4: Resultados de la prueba 2.....	16
Tabla 2.5: Resultados de la prueba 3.....	16
Tabla 2.6 Resultados de la prueba 4.....	17
Tabla 2.7 Resultados de la prueba 5.....	18
Tabla 3.1 Presiones y resultados de absorción de agua promedios.....	19

## **RESUMEN**

Las empresas cerámicas en su afán de mejorar cada uno de sus procesos y en consecuencia las características del producto final están siempre apuntando a la satisfacción del cliente para así mantenerse en el tiempo, ven necesario el uso de varias técnicas experimentales previas al uso de nuevas tecnologías, nuevas materias primas, etc. para así prevenir los resultados indeseables. En éste trabajo se muestra la influencia de la presión de prensado en la absorción de agua, con el fin de determinar las condiciones adecuadas de trabajo sobre las especificaciones técnicas internacionales que se exigen para los productos cerámicos de porcelanato.

**ABSTRACT**

In order to improve the different processes and the quality of their final product, the ceramic companies are constantly aiming to provide customer satisfaction and to maintain themselves in the market. They believe that it is necessary to use various experimental technologies before using new technologies and raw material to prevent undesirable results. This work explains the influence of using a press for water absorption. The purpose is to determine the adequate working conditions in relation to the international technical specifications required for the elaboration of porcelain ceramic.



*Diana Lee Rodas*  
Translated by,

Diana Lee Rodas

León Ortiz Wilson Rodrigo, Cordero Ortega Juan Pablo.

Trabajo de Graduación

Ing. Augusto Rodas

Abril 2011

## ***Estudio de la relación entre la fuerza de prensado y la absorción de agua***

### **INTRODUCCIÓN**

Existen en la actualidad una serie de factores que están impulsando la búsqueda de una mayor competitividad de los productos por parte de los países más industrializados, principalmente sobre la base de una mejora sustancial de la calidad.

Es cierto que la calidad tiene un coste, pero está suficientemente demostrado que los beneficios que con ella se obtienen superan ampliamente este coste, siempre que exista una buena adecuación al uso del producto.

La calidad incrementa la productividad, aumenta la cuota de mercado y prestigia la imagen de la marca.

La buena calidad juega un papel fundamental en la imagen del producto y en la de la empresa que lo fabrica. Esta imagen se va construyendo a lo largo del tiempo a base de ofrecer un buen producto con características uniformes, por lo que la vigilancia de la calidad, además de eficaz, ha de ser continuada.

Para ser competitivos e innovadores es imprescindible un buen control de la producción, sobre cuya organización se quiere llamar la atención, aconsejando una posible vía de planteamiento de este problema de una futura industria cerámica.

La exigencia de un producto acabado en permanente mejora de calidad, tanto técnica como estética, obliga a una rigurosa selección y control de materias primas, así como de los procesos productivos.

En el presente trabajo abordaremos uno de los procesos que componen la fabricación de revestimientos cerámicos: el prensado, que con el análisis adecuado podemos llegar a un manejo óptimo del mismo para cumplir con los requerimientos del cliente.

El prensado en seco es el método de formación de pieza más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos. Para la conformación de las piezas se utiliza la pasta en polvo atomizado con una humedad comprendida entre 4.5% y 8% y prensas oleodinámicas.



La creciente exigencia de constancia geométrica de las piezas ha ido satisfaciéndose mediante el empleo de pastas granuladas de mayor fluidez y homogeneidad (obtenidos mediante secado por atomización) y por la mejora de los moldes y de las prensas oleodinámicas.

Las propiedades de la pieza cocida (contracción lineal, absorción de agua, etc) y el desarrollo de las etapas posteriores al prensado (secado, esmaltado y cocción) están muy influenciadas por las características en las que se conforme (prende) a la pieza.

## **CAPITULO 1**

### **1.1 PRODUCTOS DE ARCILLA.**

Uno de los materiales más ampliamente utilizados es la arcilla. Este ingrediente que se encuentra de forma natural en abundancia, a menudo se utiliza tal como es extraído de la mina sin ningún aumento en el grado de calidad. Otra razón de su popularidad es la facilidad con que los productos de arcilla pueden conformarse; cuando el agua y la arcilla se mezclan en las proporciones adecuadas, se forma una masa plástica a la cual puede dársele la forma deseada. La pieza conformada es secada para eliminar parte de la humedad. Después es cocida a temperaturas elevadas para aumentar su resistencia mecánica.

La mayoría de los productos basados en la arcilla se pueden clasificar en dos grandes clases; los productos estructurales de arcilla y las porcelanas.

Los productos estructurales de la arcilla incluyen a los ladrillos de construcción, baldosas y tuberías de aguas residuales, aplicaciones en las cuales la integridad estructural es importante. Las porcelanas adquieren el color blanco después de la cocción a altas temperaturas. En este grupo se incluye la porcelana, productos de alfarería, vajillas, la porcelana fina, artículos sanitarios.

Además de la arcilla, muchos de estos productos también contienen ingredientes no plásticos, los cuales influyen en los cambios que tienen lugar durante los procesos de secado y de cocción.

### **1.2 CARACTERISTICAS DE LA ARCILLA**

Los minerales de arcilla desempeñan dos papeles fundamentales en las piezas cerámicas. En primer lugar, cuando se añade agua, se hacen muy plásticos, propiedad que se denomina hidroplasticidad. Esta propiedad es muy importante en las operaciones de conformado, como se expone más adelante. Además, la arcilla funde en un amplio intervalo de temperaturas; así, una cerámica densa y fuerte puede obtenerse durante el cocido sin fusión completa de manera que la forma deseada se conserve. Este

intervalo de temperaturas de fusión depende obviamente de la composición de la arcilla.

Las arcillas son aluminosilicatos, formados por alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y sílice ( $\text{SiO}_2$ ), que contienen agua enlazada químicamente. Tienen una amplia gama de características físicas, composiciones químicas y estructuras; las impurezas comunes incluyen compuestos (normalmente óxidos) de bario, calcio, sodio, potasio y hierro, y también algo de materia orgánica. Las estructuras cristalinas de los minerales de arcilla son relativamente complicadas; sin embargo, una característica común es una estructura en capas. Los minerales de arcilla que presentan mayor interés tienen la denominada estructura de la caolinita. La caolinita  $[\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4]$  tiene la estructura cristalina mostrada en la figura 1.1. Cuando se añade agua, las moléculas de agua encajan entre las capas y forman una película delgada alrededor de las partículas de arcilla. Las partículas son así libres de moverse unas respecto a otras, lo cual explica la plasticidad resultante de la mezcla arcilla-agua.

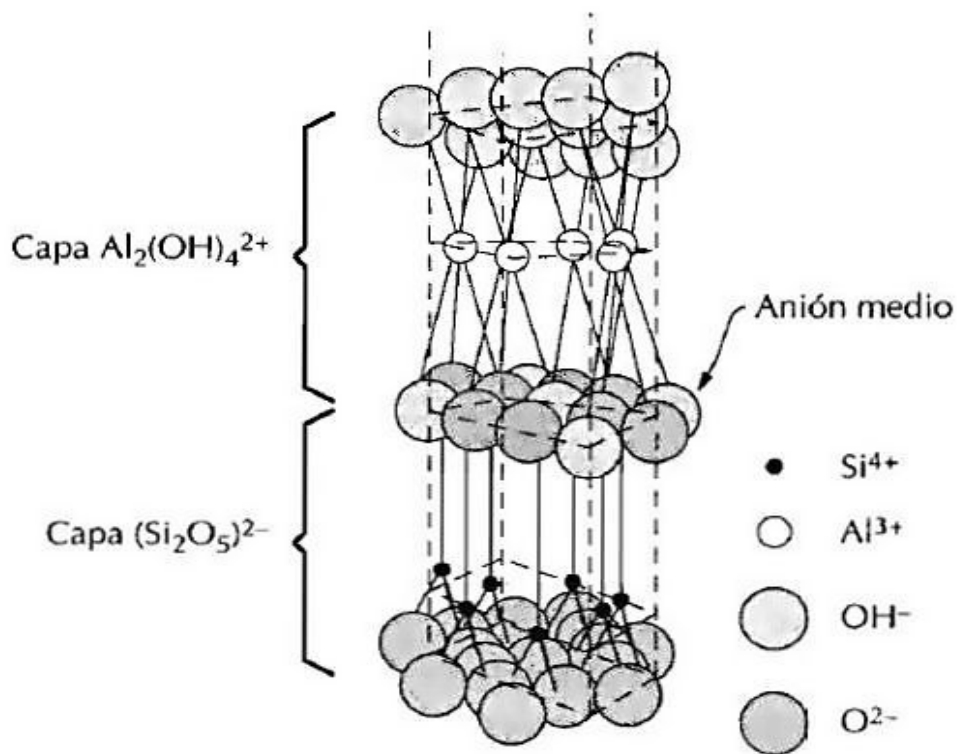


Figura 1.1. Estructura de la arcilla caolinita. (Adaptado de W. E. Hauth, "Crystal Chemistry of Ceramics", American Ceramic Society Bulletin, Vol. 30. No. 4, 1951, p.140)

### **1.3 COMPOSICIONES DE LOS PRODUCTOS DE ARCILLA**

Además de arcilla, muchos de estos productos (en particular las porcelanas) también contienen ingredientes no plásticos; los minerales no arcillosos son sílex, o cuarzo finamente dividido, y un fundente tal como feldespatos. El cuarzo se utiliza fundamentalmente como material de relleno, es relativamente duro y químicamente no reactivo. Experimenta pocos cambios durante los tratamientos a temperaturas elevadas debido a que tiene un punto de fusión elevado; cuando funde, el cuarzo tiene la capacidad de formar vidrio.

Cuando un fundente se mezcla con arcilla, se forma un vidrio que tiene un punto de fusión relativamente bajo. Los feldespatos son algunos de los fundentes más comunes; estos son un grupo de aluminosilicatos que contienen iones  $K^+$ ,  $Na^+$  y  $Ca^{2+}$ .

Tal como cabría esperar, los cambios que tienen lugar durante los procesos de secado y cocción, y también las características de la pieza final, están determinados por las proporciones de estos tres constituyentes: arcilla, cuarzo y fundente. Una porcelana típica puede contener aproximadamente 50% de arcilla, 25% de cuarzo y 25% de feldespatos.

### **1.4 TECNICAS DE PRODUCCIÓN: Proceso de atomización.**

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización.

El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas, entra en contacto con aire caliente para producir un producto sólido de bajo contenido en agua.

El contenido en humedad presente en la suspensión (barbotina), suele oscilar en torno a 0,30-0,45 kg de agua / kg de sólido seco, este contenido en agua tras el proceso de atomización se reduce a 0,05-0,07 kg de agua / kg de sólido seco. El proceso de secado por atomización se desarrolla así:

- Bombeo y pulverización de la suspensión.
- Generación y alimentación de los gases calientes.

- Secado por contacto gas caliente-gota suspensión.
- Separación del polvo atomizado de los gases.

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000cp.), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina.

La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración.

El granulado, con una humedad entre el 5,5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado.

La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado), conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada fluidez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las prensas y prensado de piezas de gran formato.

Otras ventajas a destacar son la consecución de dos operaciones, secado y granulación, a la vez y con el mismo equipo. Por otra parte el control de las variables del proceso presentan una gran simplicidad aunque, debe tenerse en cuenta, la elevada rigidez en las condiciones límites de operación, que vienen impuestas por las características geométricas y constructivas de la instalación. Además cabe destacar el carácter continuo del proceso, por lo que puede ser automatizado.

En cuanto al coste energético de este proceso de secado es muy elevado pero se consigue aumentar la rentabilidad del mismo, por el

aprovechamiento del calor de los gases y generación de electricidad mediante la implantación de turbinas de cogeneración.

### **1.5 PRENSADO DE POLVO.**

Una de las técnicas de conformación de piezas importante y muy utilizada es el prensado en polvo. Esta técnica, se utiliza para fabricar composiciones que pueden o no contener arcilla, entre ellas cerámicas electrónicas y magnéticas así como ladrillos refractarios. Básicamente, una masa de polvo, normalmente con una pequeña cantidad de agua o de otro ligante, es compactada con la forma deseada mediante presión. El grado de compactación se maximiza y la fracción de espacio vacío se minimiza utilizando partículas grandes y pequeñas mezcladas en las proporciones adecuadas. No se produce deformación plástica de las partículas durante la compactación. Una función del ligante es lubricar las partículas de polvo cuando se mueven unas respecto a otra en el proceso de compactación.

Existen tres procedimientos fundamentales de prensado: uniaxial, isostático (ósea hidrostático) y prensado en caliente. En el prensado uniaxial, el polvo es compactado en una matriz metálica mediante presión aplicada en una sola dirección. La pieza conformada toma la forma de la matriz y de las superficies a través de las cuales se aplica la presión. Este método está restringido a las formas que son relativamente sencillas; sin embargo, las velocidades de producción son altas y el proceso es barato. Los pasos involucrados en esta técnica se ilustran en la figura 1.2.

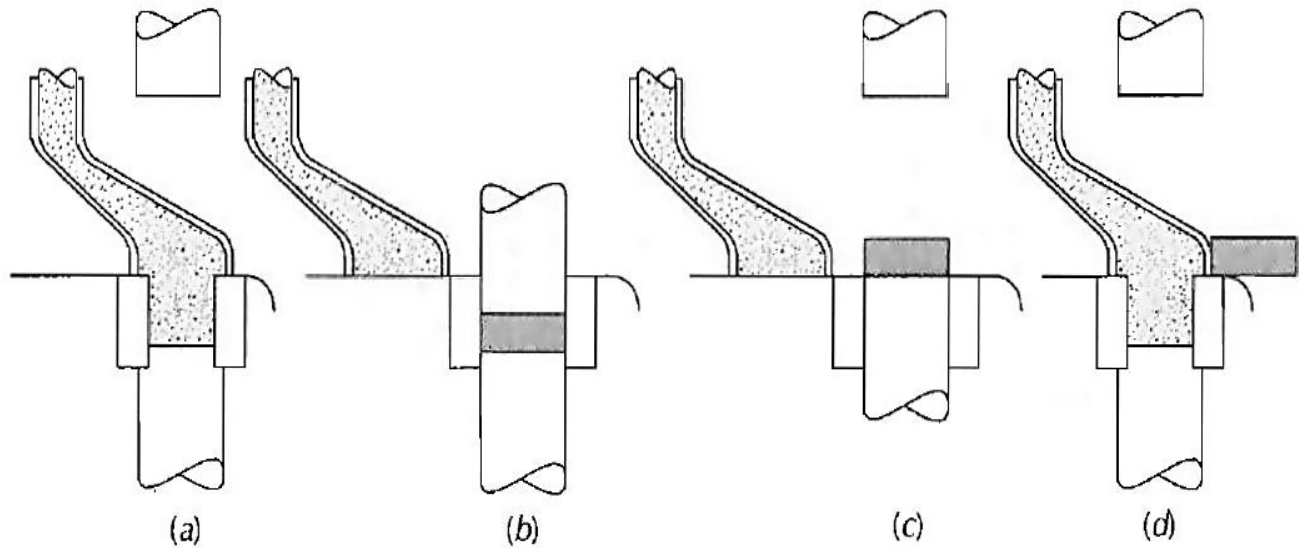


Figura 1.2. Representación esquemática de las etapas en el prensado uniaxial del polvo. (a) La cavidad del molde se llena con polvo. (b) El polvo es compactado por medio de presión aplicada en la parte superior del molde. (c) La pieza compactada es expulsada por la acción de un pistón inferior. (d) El alimentador empuja la pieza compactada y se repite el proceso de llenado. (W. D. Kingery, H. K., Editor, Ceramic Fabrication Processes, MIT Press. Copyright © 1958 Massachusetts Institute of Technology.

En el prensado isostático, el polvo está contenido en un envoltorio de goma y se aplica la presión mediante un fluido, isostáticamente (o sea, tiene la misma magnitud en todas las direcciones). Se pueden fabricar formas más complicadas que con el prensado uniaxial; sin embargo, la técnica isostática es mucho más lenta y cara.

Tanto en el prensado uniaxial como en el isostático, es necesaria una operación de cocción después de la operación de prensado. Durante la cocción la pieza se encoje y experimenta una reducción de porosidad y un aumento de su integridad mecánica. Estos cambios ocurren por coalescencia de las partículas de polvo en una masa más densa en un proceso denominado sinterización. El mecanismo de sinterización se ilustra esquemáticamente en la figura 1.3.

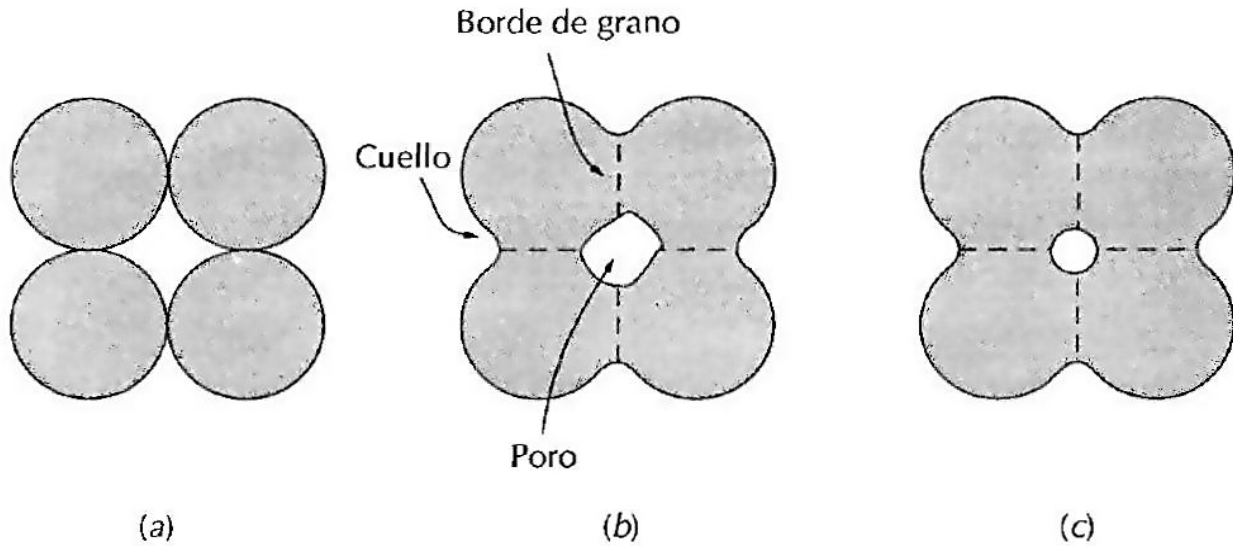


Figura 1.3. Cambios micro estructurales que ocurren durante la cocción de un polvo compactado. (a) Partículas después del prensado. (b) Coalescencia de partículas y formación de poros a medida que empieza la sinterización. (c) A medida que la sinterización ocurre, los poros cambian de tamaño y de forma.

Después del prensado, muchas de las partículas del polvo se tocan unas a otras (figura 1.3 parte (a)). Durante la etapa inicial de la sinterización, se forman cuellos a lo largo de las regiones de contacto entre las partículas adyacentes; además se forma un límite de grano dentro de cada cuello y cada intersticio entre partículas se convierte en un poro (figura 1.3 parte (b)). A medida que progresa la sinterización, los poros se hacen menores y más esféricos (figura 1.3 parte (c)). La fuerza motriz para la sinterización es la reducción del área total de las superficies de las partículas; las energías superficiales son mayores que las energías de los límites de grano. La sinterización se realiza por debajo de la temperatura de fusión, de manera que una fase líquida no esté normalmente presente. El transporte de masa necesario para afectar los cambios mostrados en la figura 1.3 se realiza por difusión atómica desde las regiones de las partículas hacia las regiones del cuello.

En el prensado en caliente, el prensado del polvo y el tratamiento térmico se realizan simultáneamente: el agregado de polvo es compactado a una temperatura elevada. El procedimiento se utiliza en el caso de materiales que no forman una fase líquida excepto a temperaturas muy altas



e impracticables; además, se utiliza cuando se quieren conseguir densidades muy altas sin que exista apreciable crecimiento de grano. Es un método caro de fabricación que tiene algunas limitaciones. Es caro en términos de tiempo, puesto que tanto el molde como la matriz deben ser calentados y enfriados en cada ciclo. Además, el molde es normalmente es caro de fabricar y tiene una vida corta.

## **1.6 SISTEMAS DE PRENSADO EN CERÁMICA PLANA.**

Para realizar el prensado el material se humecta de una manera uniforme para dar plasticidad al sistema y facilitar así la cohesión entre las partículas que componen el conjunto.

En función del porcentaje de agua, la conformación puede realizarse en diferentes condiciones:

- Prensado en estado plástico
- Prensado en estado semiseco.
- Prensado en estado seco y/o semiseco.

La acción de prensado puede realizarse con tres tipos fundamentales de prensa, en función del principio mecánico de aplicación de la energía:

- prensas mecánicas
- prensas isostáticas.
- prensas hidráulicas.

### **1.6.1 PRENSA MECANICA.**

La prensa mecánica o prensadora es una máquina que acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite bien mecánicamente (prensa de revolución total) o neumáticamente (prensa de revolución parcial) a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela.

La fuerza generada por la prensa varía a lo largo de su recorrido en función del ángulo de aplicación de la fuerza. Cuanto más próximo esté el punto de aplicación al PMI (Punto Muerto Inferior) mayor será la fuerza, siendo en este punto (PMI) teóricamente infinita.

### 1.6.2 PRENSA HIDRAULICA.

Funciona de acuerdo con un principio oleodinámico que emplea la acción de un fluido bajo una presión aplicada dentro de un cilindro. El principio de funcionamiento de la prensa hidráulica se basa en el incremento de presión que se obtiene cuando la presión aplicada por una sutil columna de fluido está comunicada con un cilindro provisto de un pistón de sección mucho más grande.

En este último pistón se obtiene una fuerza total cuyo valor aumenta, con respecto a la fuerza aplicada en el cilindro sutil, a medida que incrementa la sección del cilindro grande con respecto a la del cilindro pequeño.

En las prensas, se utiliza aceites con particulares características de viscosidad como fluido de presión. Un sistema central hidráulico tiene la función de proveer el aceite bajo presión, el cual, una vez introducido en el cilindro de trabajo, se encarga de ejercer sobre el material la fuerza de compresión del acumulador y del multiplicador. El sistema central hidráulico está constituido por dos circuitos independientes, uno de alta presión, destinado a servir los elementos de empuje, y otro de baja presión, para los servicios auxiliares.

En síntesis, la acción de prensado se lleva a cabo mediante la transformación de la presión hidráulica en fuerza de deformación, de acuerdo con la siguiente formula:

$$F=S \cdot P$$

Siendo:

F=fuerza de deformación (en Kg)

S= superficie (en cm)

P= presión del aceite (en Kg/cm)

Las características fundamentales de la prensa hidráulica son:

- uniformidad de distribución de la fuerza de compresión;
- absoluta repetitividad en el tiempo de los ciclos de prensado.

Las particularidades indicadas convierten la prensa hidráulica en especialmente apropiada para su uso en la industria con un alto grado de automatización y, por lo que se refiere a las exigencias técnicas de los productos acabados, para el prensado de productos que presentan elevados valores de contracción en cocción.

### **1.6.3 PRENSA ISOSTATICA.**

El proceso de prensado isostático en caliente somete a un componente a la vez a elevadas temperatura y presión de gas isostática en un recipiente contenedor de alta presión. El gas de presurización más utilizado es el argón. Se utiliza un gas inerte, de manera que el material no reaccione químicamente. La cámara se calienta, haciendo que la presión dentro del recipiente aumente mucho. Muchos sistemas emplean bombeo del gas asociado para lograr el nivel de presión necesaria. La presión se aplica a la materia por igual en todas las direcciones (de ahí el término "isostático").

Cuando las piezas de fundición son tratadas con presión isostática en caliente, la aplicación simultánea de calor y presión elimina los vacíos internos y la microporosidad mediante una combinación de la deformación plástica, fluencia, y la unión por difusión, por lo que este proceso mejora la resistencia a la fatiga de los componentes. Las aplicaciones principales son la reducción de la microcontracción, la consolidación de los metales en polvo, la fabricación de composites (resinas compuestas) de cerámica y el recubrimiento con metales. El prensado isostático en caliente también se utiliza como parte de la sinterización (metalurgia de polvos) y el proceso para la fabricación de materiales compuestos de matriz metálica.

Su ventaja principal es que las piezas tienen casi el cien por cien de la densidad nominal del material empleado, poseen una buena unión metalúrgica entre las partículas, con estructura granular y, por ello, buenas propiedades mecánicas isotrópicas. Este método permite trabajar con piezas de mayor tamaño que otros métodos de procesamiento de materiales.

Se emplea principalmente en procesos de fabricación de componentes de superaleaciones o aleaciones de titanio para las industrias

aeronáutica, aeroespacial, militar, médica, química y de máquinas-herramienta.

Sus principales inconvenientes son la presencia de tolerancias dimensionales mayores que las obtenidas con otros procesos de compactación, y el mayor coste y tiempo necesarios. Por ello se aplica a series relativamente pequeñas de menos de diez mil piezas al año.

### **1.7 MOLDES UTILIZADOS EN LA CONFORMACION DE LAS PIEZAS.**

Los moldes usados para la conformación de las baldosas se distinguen, en función de las características de funcionamiento, en diferentes tipologías, como moldes de punzón penetrante, moldes con punzón tipo espejo, moldes de conformación superior, moldes isostáticos.

#### **1.7.1 Moldes de punzón penetrante.**

Es la solución tecnológica más extendida. Durante el prensado, los punzones superiores, sujetos a la travesa móvil de la prensa, penetran dentro de los alvéolos correspondientes de la matriz, que se encuentra fijada rígidamente en la parte inferior del molde, mientras que la extracción del producto se debe al levantamiento de los punzones inferiores.

#### **1.7.2 Moldes de acero templado y pulido (tipo espejo).**

Se utilizan para las aplicaciones donde se requiere un elevado grado de acabado superficial y una alta resistencia al desgaste. El pulido permite una obtención de baldosas con una superficie de alta calidad; por lo tanto, es particularmente indicado para el prensado de gres porcelánico.

#### **1.7.3 Moldes de conformación superior.**

Se subclasifican en dos tipos:

##### **a) Revestidos de caucho moldeado.**

Con este revestimiento no se necesita de una limpieza sistemática de los punzones. La aplicación del caucho es ideal para obtener cualquier tipo de diseño superficial, superficies estructuradas, rústicos.

El revestimiento superficial excluye el uso de cepillos para la limpieza de los punzones. Este revestimiento permite realizar económicamente efectos superficiales especialmente complejos.

**b) Revestidos de resina colada.**

Como en el caso anterior, se reducen drásticamente los tiempos de limpieza. A diferencia del revestimiento de caucho, el revestimiento de resina permite obtener, mediante rectificación, superficies perfectamente planas.

**1.7.4 Molde de punzón isostático.**

Punzón de molde de efecto compensador que aprovecha, las características de incompresibilidad del aceite presente en las canalizaciones realizadas dentro del punzón.

Éste permite optimizar la homogeneidad del prensado y, por lo tanto, obtener valores de densidad aparente uniformes en los diferentes puntos de la baldosa.

## **CAPITULO 2**

### **2.1 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO**

#### **2.1.1 Materiales.**

Para el desarrollo del experimento, vamos a utilizar los siguientes materiales y herramientas:

- Pasta de porcelanato (polvo atomizado).
- Prensa hidráulica de laboratorio.
- Balanza.
- Cuba para absorción de agua.
- Toalla.
- Cocineta a gas

#### **2.1.2 Comienzo de la experimentación.**

Para asegurar que los experimentos a realizar sean comparativos, es necesario tener un volumen lo suficientemente grande de polvo atomizado de una sola producción para que cubra todos los experimentos.

Para realizar las placas se procede de la siguiente manera:

#### **2.1.3 Procedimiento para la elaboración de placas.**

En primer lugar; medimos la humedad del polvo, a fin de asegurar una correcta compactación.

Luego, pesamos 300gr de material sobre el punzón de la prensa y lo dispersamos homogéneamente a lo largo y ancho del mismo y luego prensarlo de acuerdo a las presiones establecidas. Una vez prensado la procedemos a secarla en la estufa por aproximadamente unas dos horas antes de enviarlas al horno.

Identificamos la placa con el nombre del ensayo, horno y temperatura de quema.

Quemar todas las placas al mismo tiempo y en el mismo horno, para que sean las mismas condiciones de cocción.

Las presiones a las que se ensayaron son las siguientes:

PRUEBA	PRESION EN BAR	TEMPERATURA DE QUEMA
P1	40	1210°C
P2	60	1210°C
P3	80	1210°C
P4	100	1210°C
P5	120	1210°C

Tabla 2.1 Pruebas a ensayar con las respectivas presiones y la temperatura de cocción

#### 2.1.4 Procedimiento para la medición de la Absorción de agua.

Una vez cocidas las placas se procederá a realizar la medición de la absorción de agua de la siguiente manera y basándonos en el ensayo descrito en la norma EN 99, que corresponde a la norma ISO –10545-3.

Secar las placas en la estufa graduada a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$  hasta masa constante, es decir, hasta que la diferencia de masa entre dos pesajes sucesivos efectuados con un intervalo de 24 horas sea inferior a 0,1%. Dejar enfriar las probetas hasta que alcancen la temperatura ambiente.

Pesar cada placa y anotar los resultados con la precisión indicada en la siguiente tabla:

Masa de la baldosa	Precisión de la medida
50 a 100	0,02
>100 a 500	0,05
>500 a 1000	0,25
>1000 a 3000	0,50
>3000	1,00

Tabla 2.1 Valores en gramos

Colocar las probetas verticalmente en el recipiente lleno de agua sin que se toquen, de forma que el nivel del agua por encima y por debajo de las probetas sea de 5cm.

Mantener el nivel de agua a 5 cm por encima de las probetas durante todo el ensayo.

Llevar el agua a ebullición y mantenerla así durante 2 horas, luego; apagar la cocineta y dejar enfriar las probetas hasta que alcancen la temperatura ambiente, manteniéndolas completamente sumergidas durante 4 horas  $\pm$  15 min. Para enfriar las probetas se puede emplear agua a temperatura ambiente.

Humedecer la toalla y escurriarla a mano. Colocarla sobre una superficie plana y secar ligeramente cada cara de las placas una a una.

## 2.2 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS:

Siendo:

$m_1$  = la masa de la baldosa seca

$m_2$  = la masa de la baldosa húmeda

$E_b$  = Coeficiente de Absorción de agua (expresado en porcentaje) calculándose mediante la siguiente ecuación:

$$E_b = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

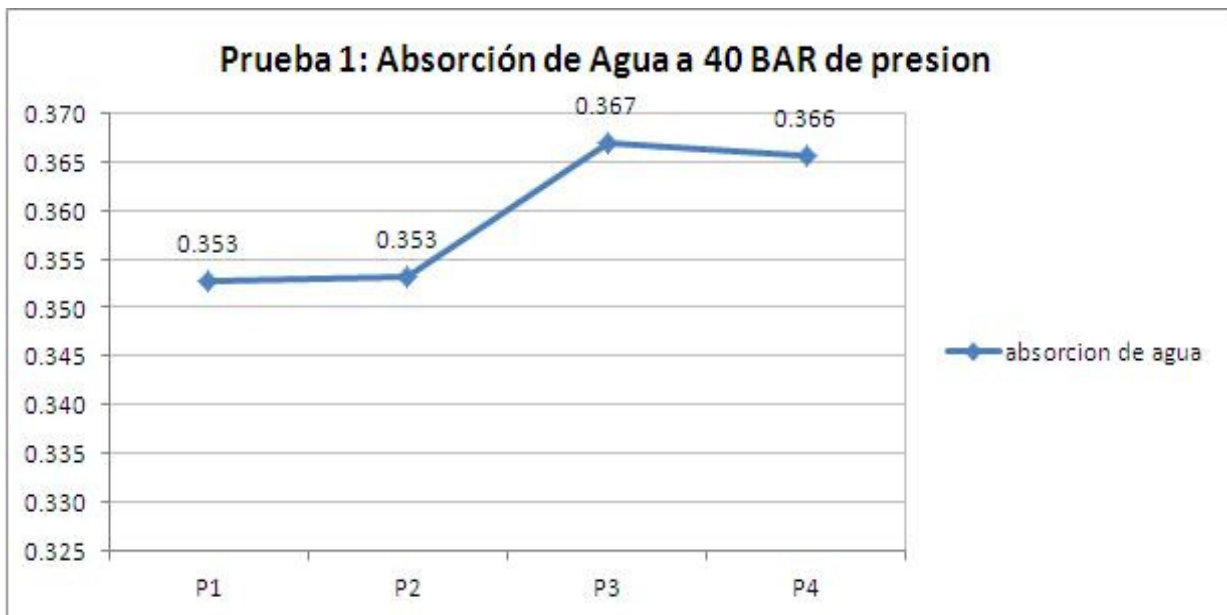
De cada una de las pruebas se realizan 4 placas para tener puntos de comparación, una vez que tomamos los datos de absorción de agua, se obtienen los siguientes resultados:

### 2.2.1 PRUEBA 1: 40 BAR DE PRESION.

prueba	P1	P2	P3	P4
PESO SECO	63.77	63.41	62.66	62.89
PESO HUMEDO	63.995	63.634	62.89	63.12
<b>absorcion de agua</b>	<b>0.353</b>	<b>0.353</b>	<b>0.367</b>	<b>0.366</b>

<b>promedio</b>	<b>0.36</b>
-----------------	-------------

Tabla 2.3 Resultados de la prueba 1



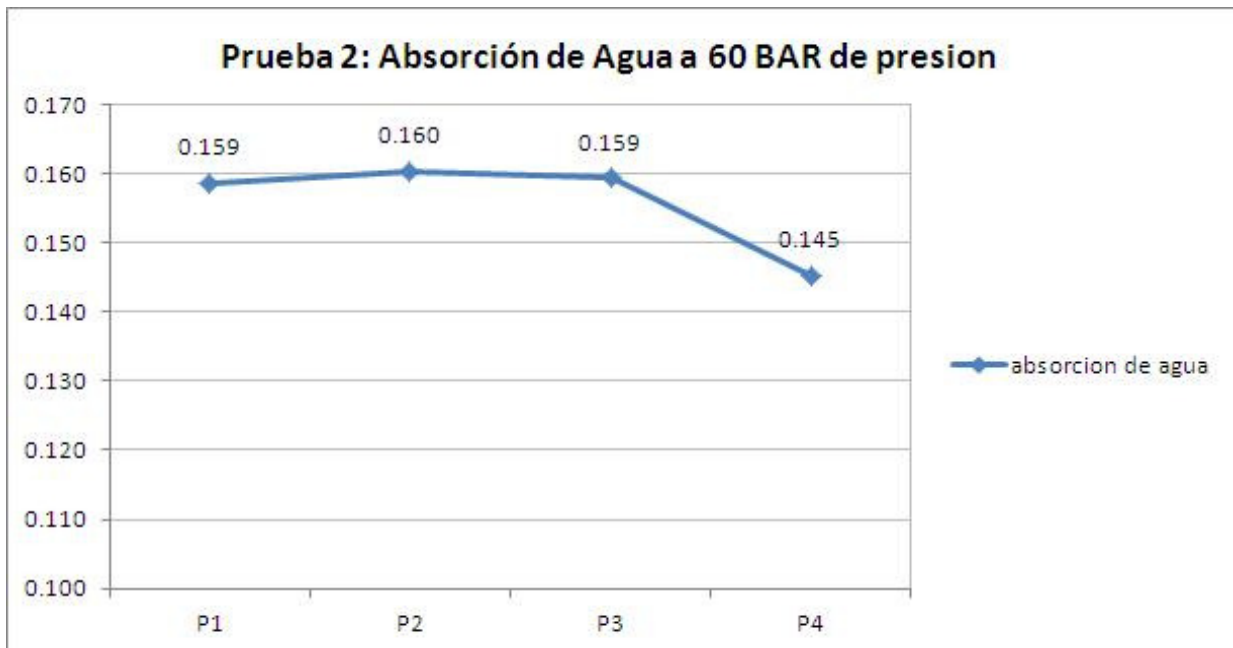


**2.2.2 PRUEBA 2: 60 BAR DE PRESION.**

prueba	P1	P2	P3	P4
PESO SECO	63.03	62.33	62.76	63.3
PESO HUMEDO	63.13	62.43	62.86	63.392
<b>absorcion de agua</b>	<b>0.159</b>	<b>0.160</b>	<b>0.159</b>	<b>0.145</b>

<b>promedio</b>	<b>0.16</b>
-----------------	-------------

Tabla 2.4 Resultados de la prueba 2

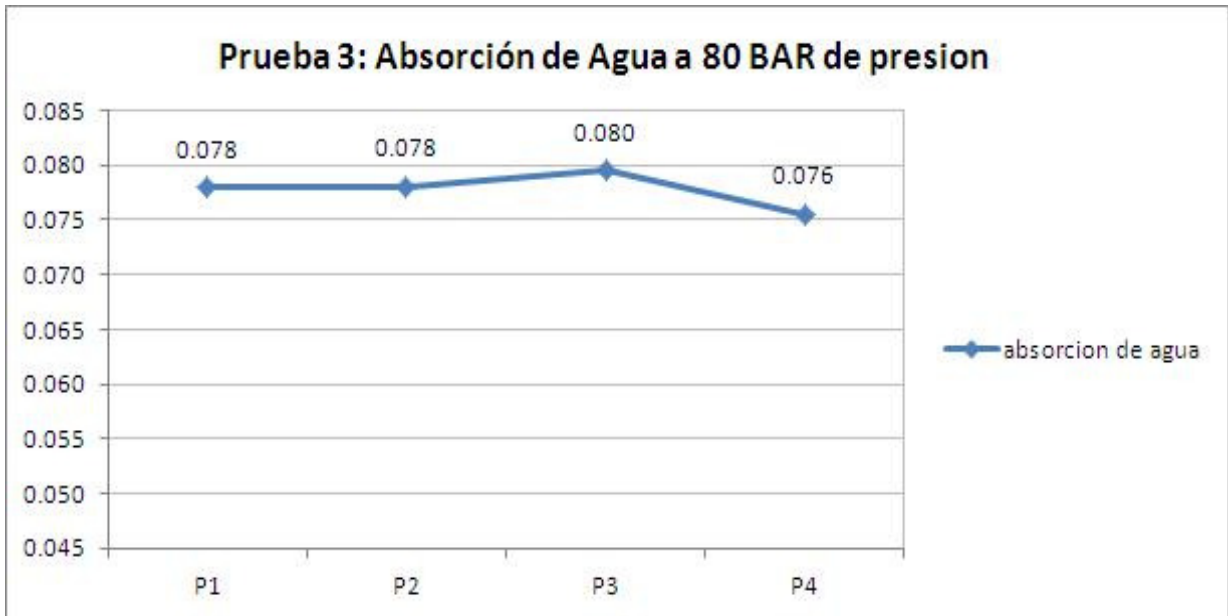


**2.2.3 PRUEBA 3: 80 BAR DE PRESION.**

prueba	P1	P2	P3	P4
PESO SECO	64.15	64.07	62.83	63.53
PESO HUMEDO	64.2	64.12	62.88	63.578
<b>absorcion de agua</b>	<b>0.078</b>	<b>0.078</b>	<b>0.080</b>	<b>0.076</b>

<b>promedio</b>	<b>0.08</b>
-----------------	-------------

Tabla 2.5 Resultados de la prueba 3

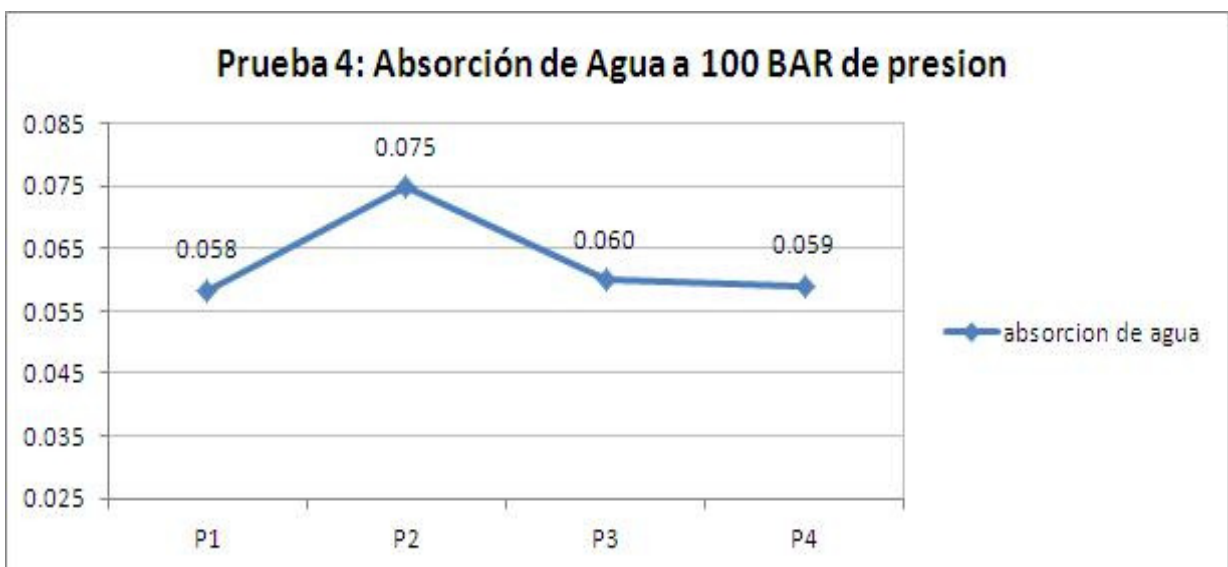


#### 2.2.4 PRUEBA 4: 100 BAR DE PRESION.

prueba	P1	P2	P3	P4
PESO SECO	68.6	66.88	66.74	67.76
PESO HUMEDO	68.64	66.93	66.78	67.8
<b>absorción de agua</b>	<b>0.058</b>	<b>0.075</b>	<b>0.060</b>	<b>0.059</b>

<b>promedio</b>	<b>0.06</b>
-----------------	-------------

Tabla 2.6 Resultados de la prueba 4

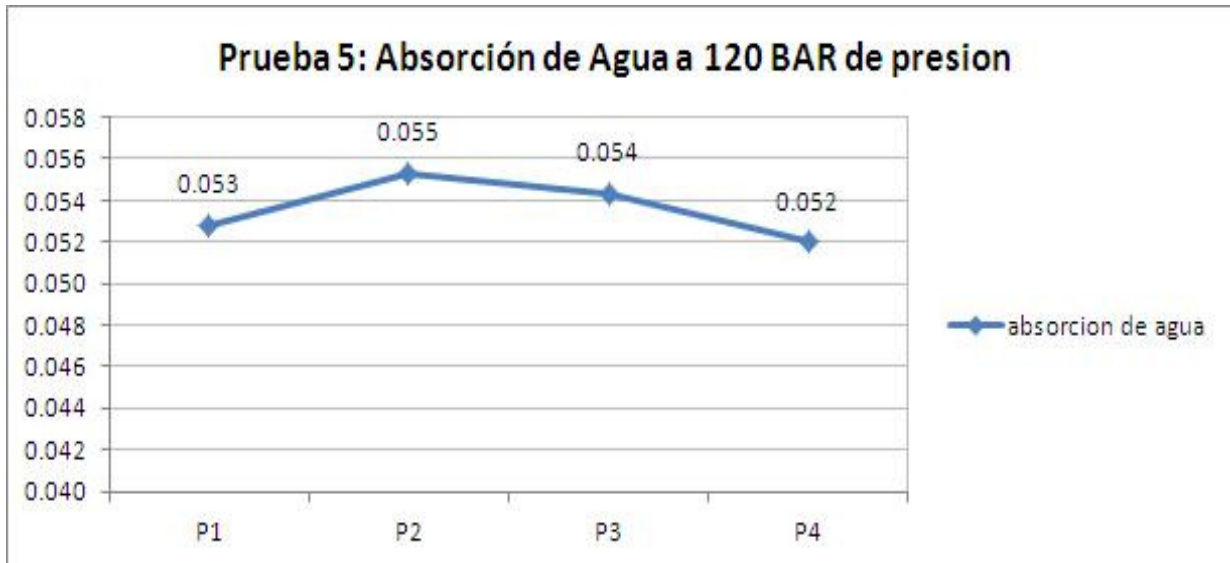


**2.2.5 PRUEBA 5: 120 BAR DE PRESION.**

prueba	P1	P2	P3	P4
PESO SECO	75.74	75.9	64.41	76.89
PESO HUMEDO	75.78	75.942	64.445	76.93
<b>absorcion de agua</b>	<b>0.053</b>	<b>0.055</b>	<b>0.054</b>	<b>0.052</b>

<b>promedio</b>	<b>0.05</b>
-----------------	-------------

Tabla 2.7 Resultados de la prueba 5

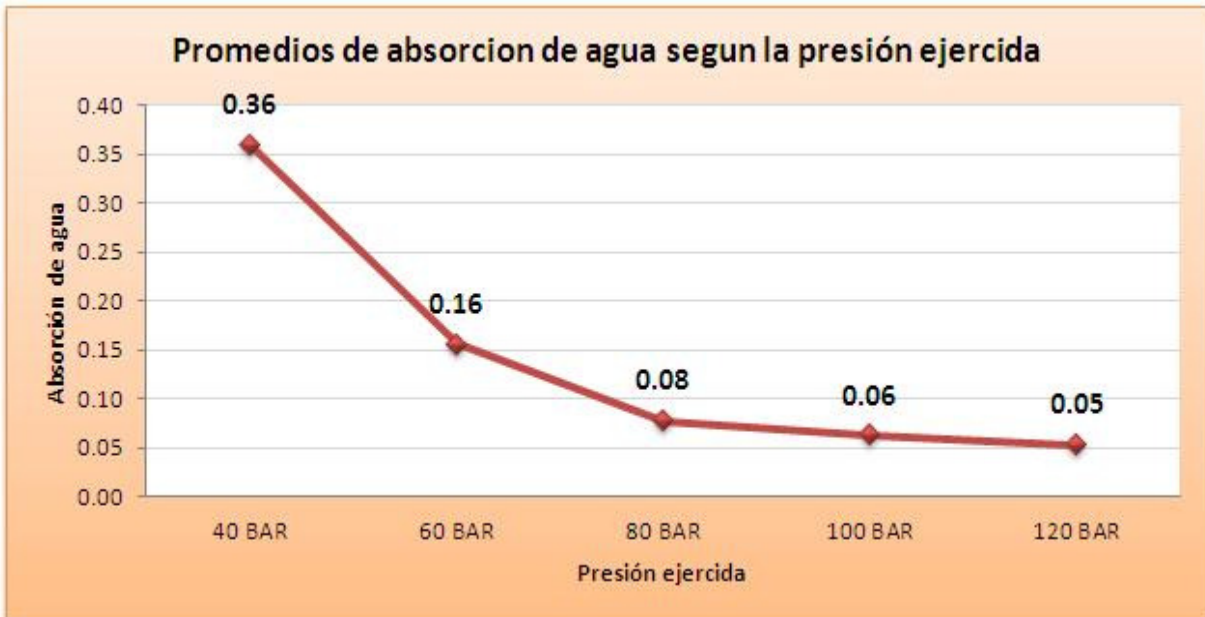


### 3. CONCLUSIONES

Revisando los cuadros anteriores observamos disminuciones de la absorción de agua en relación directa con el aumento de la fuerza de prensado, y se lo puede observar mejor en el cuadro siguiente:

PRESION EJERCIDA	40 BAR	60 BAR	80 BAR	100 BAR	120 BAR
PROMEDIO ABSORCION DE AGUA	0.36	0.16	0.08	0.06	0.05

Tabla 3.1 Presiones y resultados de absorción de agua promedios



A medida que aumentamos la presión, la absorción de agua se reduce, por lo que es evidente la influencia de la presión en ésta variable. Esto debido a que al aumento de presión, los espacios existentes entre los gránulos de polvo atomizado se vuelven más pequeños provocando una mayor densificación del material a una misma temperatura.

Entre las pruebas de 80 BAR, 100 BAR y la de 120 BAR, hay un descenso del valor de la absorción de agua más suave pero similares entre sí, por lo que en el caso de pruebas industriales en producción, se determinarán los más adecuados para que cumplan con el resto de especificaciones técnicas como son: resistencia a la flexión, resistencia química, contracción y en especial el corazón negro, además de lo que implicaría el desgaste de la maquinaria al utilizar presiones altas, por lo que no sería necesario producir específicamente a la presión más alta (120 BAR) específicamente.

En los presentes resultados de éste ensayo realizados a nivel de laboratorio, sin necesidad de recurrir a la maquinaria de producción (que implicaría tiempos perdidos o pérdida de material) hemos podido determinar la relación directa entre la presión ejercida sobre el polvo atomizado y la absorción de agua, además se ha podido determinar las posibles presiones de trabajo que se podrían utilizar en producción para llegar a las especificaciones deseadas.

## 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. SANCHEZ Muñoz Luis, Carda Juan B. “Materias primas y aditivos cerámicos”. Castellón – España, Editrice Ibérica, s.l. 2003.
8. CALLISTER, William D. Jr., “Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales”. Barcelona – España, Editorial Reverté. 1997.
9. FERRÈ, Joan. Rius, X. “Técnicas de Laboratorio”, España, Editorial Publica S. A., 2002.
10. GARCIA, López D. Marcelino. “Manual completo de artes cerámicas”, Valladolid - España, Editorial Maxtor., 2009.