

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y TÉRMICAS DE DIFERENTES MEZCLAS REFRACTARIAS ARCILLA BLANCA - RESINA

HUMBERTO PEÑA, RICARDO RODRÍGUEZ, JUAN MUÑOZ, MIGUEL A. SALVATIERRA B.

Universidad Península de Santa Elena. Grupo de Investigación Internacional. Departamento de Ciencia de la Ingeniería.
e-mails: hcpr100271@gmail.com, iricardorodriguez@hotmail.com, jmontenegro49@yahoo.com, msalvatierra59@yahoo.com

Recibido: mayo 2018

Aprobado para publicación: mayo 2019

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades mecánicas y térmicas de diferentes mezclas refractarias, utilizando como materia prima: resina acrílica y arcilla blanca recolectada en el sector Tacal, localidad de Bobare estado Lara, Venezuela. La extracción de la arcilla y su preparación mecánica se realizó por trituración, cribado, molienda, tamizado, mezclado con resina acrílica y el conformado de las mezclas. Al someter las muestras a los ensayos de conductividad térmica y resistencias a la compresión y a la flexión, se obtuvo menor conductividad térmica y mayor resistencia a la compresión para mayor número de malla; de igual manera se obtuvo más resistencia a la flexión para porcentajes más elevados de resina en la mezcla.

Palabras claves: resina acrílica, refractaria, resistencia, flexión, compresión, conductividad térmica

EVALUATION OF MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF DIFFERENT REFRACTORY MIXES WHITE CLAY – RESIN

ABSTRACT

The mechanical and thermal properties of different refractory mixtures are evaluated using as raw material acrylic resin and white clay collected in the Tacal sector of Bobare in Lara, Venezuela. The clay extraction and its mechanical preparation was done by crushing, screening, grinding, sieving, mixing with acrylic resin and shaping the mixtures. Lower thermal conductivity and higher compressive strength were obtained for greater mesh number, and greater flexural strength was obtained for higher percentages of resin in the mixture.

Keywords: acrylic resin, refractory, resistance, bending, compression, thermal conductivity

INTRODUCCIÓN

Los materiales refractarios son de gran importancia en la industria debido a que son económicos, productivos y se usan en procesos donde se ven involucradas altas temperaturas. El tipo y características de estos materiales han ido cambiando a través del tiempo a medida que se transformaba la tecnología involucrada en el proceso y en la forma de obtenerlos: desde las primeras etapas de la metalurgia donde se utilizaban materiales como la arcilla, fácilmente disponible, hasta nuestros días de mezclas con compuestos orgánicos.

Las propiedades y características que requieren las mezclas refractarias para uso industrial, explican la necesidad de

investigar sobre nuevas formas de abordar este hecho. La fabricación y obtención de dichas mezclas es entonces un asunto importante dentro de esta área de investigación.

Por lo tanto, la evaluación de las propiedades mecánicas y térmicas de diferentes mezclas refractarias de arcilla blanca-resina, será el propósito de esta investigación, como una alternativa a la necesidad planteada.

Materiales refractarios

Son aquellos que, por su baja conductividad térmica y resistencia a las altas temperaturas, permiten controlar la emisión de calor ya sea resistiendo, conteniendo o aislando los cambios térmicos al tiempo que generan un ahorro de energía, de combustible y de tiempos de calentamiento.

La gama de materiales refractarios varía de acuerdo con las necesidades de cada industria; sin embargo, todos comparten una característica similar: el uso de altas temperaturas en sus procesos, en función de que su composición química tiende a variar dentro de ciertos límites, sin afectar sus propiedades pirofísicas o su bajo peso logrado mediante el aumento artificial de sus poros o de su composición química. El material que constituye el refractario puede estar en contacto con metales fundidos, gases residuales o gases transporte, entre otros, según el uso que a aquél se le dé. El material refractario se implementa en todos los hornos industriales que se usan en refinerías de petróleo, industria química, industria siderúrgica y metalúrgica, sementeras, ladrilleras, cerámicas.

Los materiales refractarios están compuestos de elementos como: aluminio, sílice, magnesio, calcio, cromo, circonio y carbono. Muchos de estos elementos se encuentran en depósitos de suficiente pureza, lo cual facilita su utilización como materiales refractarios, entre estos se encuentran las arcillas silicio aluminosas.

La arcilla es una sustancia mineral terrosa compuesta en gran parte de hidrosilicato de alúmina, que se hace plástica cuando se humedece, y dura y semejante a la roca cuando se cuece. Las arcillas se clasifican en: bauxítica burley, diásporo, refractarias, caolín y magras. Se puede decir que las arcillas refractarias son de carácter sedimentario o residual y pueden variar mucho en cuanto a plasticidad o demás propiedades físicas. También podemos mencionar a la arcilla blanca caolín, cuya fórmula es: $Al_2O_3 \cdot (Si_2O_5)_4(OH)_4$.

En Venezuela las mayores reservas conocidas de arcillas blancas y de alfarería se encuentran en la región septentrional del país. Los depósitos de arcillas blancas ubicados en el estado Lara, zonas de: El Papagallo, El Tanque, Curiva, El Retén, Copeyal, Quibor, Guarico, Laguna Barbacoas y Anzoateguá, tienen reservas superiores a los ocho millones de toneladas. Estos depósitos son típicamente sedimentarios y se prestan para una extensa minería a cielo abierto, de ellos se explotan los de Quibor, Curarigua, Guarico y Barbacoas, para suministrar de materia prima a las industrias de la porcelana, cemento y cerámica.

La resina acrílica es aquella de fácil utilización, tiempo de endurecimiento corto y contracción despreciable. Endurecida, es un termoplástico resistente a los productos químicos.

Por ello surge la necesidad de evaluar las propiedades mecánicas y térmicas de las diferentes mezclas refractarias

de arcilla blanca-resina, tomando en cuenta los siguientes parámetros: porcentaje de resina en la mezcla arcilla-resina, porcentaje de la arcilla blanca en la mezcla arcilla-resina, granulometría (fina y media) de la arcilla blanca. Esta evaluación debe consistir en la preparación de las diferentes mezclas refractarias arcilla-resina a la que se mida a su vez; resistencia a la compresión y a la flexión según la Norma de la ASTM C133-97 (2003), y su refractariedad, según la Norma ASTM C201-93 (2004).

Ángulo (2004), en su trabajo titulado: "Caracterización y evaluación de propiedades térmicas y mecánicas de arcillas de Quibor y Bobare", tuvo como objetivo estudiar y evaluar las arcillas de esas regiones en cuanto a sus propiedades mecánicas y térmicas, estableciendo como parámetros de control: la granulometría y el porcentaje de agua. Esta investigación arrojó como conclusión que las arcillas de Bobare poseen menor conductividad térmica que las de Quibor dado su alto porcentaje de porosidad. En cuanto a la resistencia a la compresión se obtuvo una mayor resistencia en las arcillas de Quibor, ya que sus poros son esféricos y no alargados como los de las arcillas de Bobare, los cuales concentran más los esfuerzos.

Ocanto (2005), en su trabajo titulado: "Evaluación de un refractario silico-aluminoso a partir de las arcillas pirofílicas del estado Lara" y cuyo objetivo principal fue hallar una composición adecuada para la fabricación de un refractario silico-aluminoso utilizando como materia prima las arcillas pirofílicas del yacimiento El Tacal de Bobare, estado Lara; estableció como parámetros de control la humedad y el porcentaje de arcilla. Concluyó que la presencia de aserrín en la mezcla aumenta el porcentaje de porosidad y por lo tanto disminuye la conductividad térmica; pero a su vez disminuye su resistencia a la compresión. Igualmente, la presencia de aserrín provoca una mayor expansión volumétrica en la prueba de choque térmico.

López (2006), en su trabajo titulado: "Caracterización de una mezcla refractaria con el uso de las arcillas de la cuesta del eje el Tocuyo-Sanare para la fabricación de ladrillos refractarios", se propuso como objetivo principal caracterizar las arcillas de la zona de la cuesta antes mencionada; estableció como parámetro principal su respectivo pH. Concluyó que, a pesar de no cumplir rigurosamente con el procedimiento del ensayo de compresión en caliente, se demostró que el refractario presenta mayor resistencia mecánica en caliente que en frío.

La realización de la mezcla refractaria arcilla blanca-resina y la evaluación de sus propiedades mecánicas y refractarias

—de tal manera que cumpla y satisfaga los requerimientos de estándares de calidad y desempeño industrial requeridos, con el uso de recursos disponibles localmente, y con el propósito de sentar base para futuros trabajos de investigación con la necesidad de construir refractarios de tecnología nacional—, traerá como consecuencia un mejor proceso productivo menos dependiente de las industrias foráneas, siendo consecuente así con los objetivos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Preparación mecánica de la arcilla

Se tomó muestra de la arcilla para proceder a triturar como muestra la siguiente figura:



Figura 1. Muestra de arcilla virgen

En el siguiente paso se procedió a triturar la arcilla en la trituradora de mandíbula. (Figura 2).



Figura 2. Arcilla en proceso de trituración

Posteriormente se cribó la arcilla ya triturada para la clasificación de diferentes tamaños de granos de la misma, obteniendo arcilla retenida de 3,9 mm y 1,9 mm de la criba, estas últimas partículas fueron molidas durante tres horas con los siguientes cuerpos moledores: cincuenta y cinco bolas de 2,18 cm. de diámetro, veintidós bolas de 3,05 cm. de diámetro, y una bola de 4,02 cm. de diámetro. En cuanto

a las partículas de 3,9 mm, las mismas fueron molidas en un proceso continuo de cuerpos moledores. Seguidamente, las arcillas molidas fueron trasladadas al tamiz tomando muestras de 700 gr., éstas se tamizaron con un orden decreciente de las mallas números: 30, 60, 80, 120, 140, 200, pasantes. Tamaño de partícula según mallas: 595, 250, 177, 125, 105, 74, micrones (figura 3).

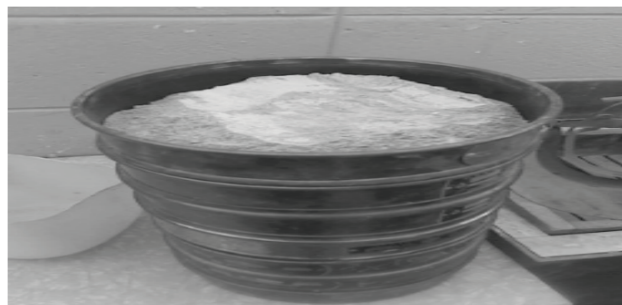


Figura 3. Arcilla cribada

A continuación, se tomaron las arcillas correspondientes a las mallas: 120, 140 y 200, obteniendo 14,85 kg en total de arcilla tamizada, que serán utilizadas en la preparación de diferentes mezclas.

Obtención de la resina acrílica

Adquisición comercial de 7,56 lts (2 galones) de pintura acrílica.

Preparación de la mezcla de arcilla con resina acrílica

Se mezclaron 600 gr. de arcilla con 180 ml. de resina acrílica hasta homogeneizar la mezcla, preparando probetas con una proporción de 45 ml de resina acrílica por cada 150 gr. de arcilla, este procedimiento se repitió para la arcilla de malla números: 120, 140, 200, obteniendo para los tamaños antes mencionados once mezclas de la proporción determinada para los ensayos de compresión, flexión y conductividad térmica.

Luego se mezclaron 600 gr. de arcilla con 190 ml. de resina acrílica hasta homogeneizar, obteniendo probetas con una proporción de 47,5ml de resina acrílica por cada 150 gr. de arcilla, este procedimiento se repitió para la arcilla de malla números: 120, 140, 200, obteniendo para los tamaños antes mencionados once mezclas de la proporción determinada para los ensayos de compresión, flexión y conductividad térmica.

De igual manera se mezclaron 600 gr. de arcilla con 200 ml. de resina acrílica hasta homogeneizar la mezcla, para

preparar las probetas con una proporción de 50ml de resina acrílica por cada 150 gr. de arcilla, este procedimiento se repitió para la arcilla de malla números: 120, 140, 200, obteniendo para los tamaños antes mencionados once mezclas de la proporción determinada para los ensayos de compresión, flexión y conductividad térmica. (Figura 4).

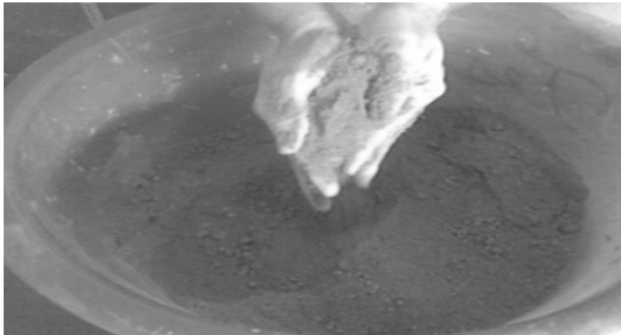


Figura 4. Proceso de mezclado de arcilla y resina.

Conformación de las probetas cilíndrica para los ensayos de resistencia a la compresión y conductividad térmica

Se le agregó grafito a la matriz cilíndrica para lubricarla y luego verter la mezcla; esto para cada una de las proporciones preparadas. Después se colocó la matriz cilíndrica en la prensa de ensayos universal, en donde se aplicó una fuerza de 500 kg, que generó en la muestra una altura de la probeta de 37mm, luego de ser compactada, se obtuvo 51mm de espesor, lo cual, con el procedimiento que sigue a continuación, se obtuvieron treinta y seis probetas cilíndricas de las diferentes mezclas para los ensayos de compresión y veintisiete para los ensayos de conductividad térmica. (Figura 5).



Figura 5. Matriz cilíndrica colocada en la prensa

Conformación de las probetas rectangulares para los ensayos de resistencia a la flexión
Igual que en el procedimiento anterior: se añadió grafito a la matriz rectangular de 2" x 2" para lubricarla y se agregó la mezcla, para cada una de las proporciones ya mencionadas.

(Figura 4). Esto se colocó a la matriz rectangular en la prensa de ensayos universal, usando una fuerza manual hasta alcanzar una altura de la probeta de 20 mm. luego de ser compactada, obteniendo un ancho de 22 mm y 19,5 mm de espesor; con este procedimiento se obtuvieron treinta y seis probetas rectangulares de las diferentes mezclas para los ensayos de flexión.

Procedimiento experimental para los ensayos de resistencia a la compresión mediante las normas ASTM, flexión y conductividad térmica

Ensayo de resistencia a la compresión

Este ensayo de compresión de las probetas se realizó mediante la Norma ASTM C201-93 (2004) que se describe a continuación:

Se tomaron las medidas de las probetas ya conformadas, se colocó una de ellas en la máquina de ensayo universal, por lo que se le aplicó continuamente fuerza a la misma hasta que se le causó la fractura. Acto seguido se tomó el valor de la fuerza que arrojó la máquina universal al momento en que partió la probeta, y se realizó el cálculo del esfuerzo con la siguiente formula ($e=f/a$) donde:

- C = Esfuerzo
- A = Área de la probeta (Πr^2)
- F = Carga aplicada
- r = Radio de la probeta

Estas pruebas se realizaron a treinta y seis probetas de diferentes mezclas. (Figura 6).



Figura 6. Obtención de las 36 probetas

Ensayo de conductividad térmica

Este ensayo de conductividad térmica se realizó bajo la Norma ASTM C201-93 (2004), pero se requería la implantación de un conductímetro no disponible en los laboratorios de la Universidad Experimental Politécnica

“Antonio de José Sucre”, por ello, para obtener los resultados, se siguió la metodología seguida por los trabajos llevados a cabo por López (2006).

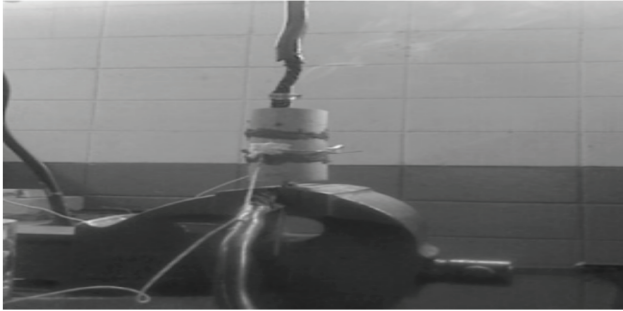


Figura 7. Prueba de ensayo conductividad térmica

Se tomaron tres probetas, se midió la altura en cada una de ellas y se perforaron en el centro con una mecha de concreto de 1/8” de diámetro. Se introdujo por el orificio de las probetas cilíndricas un alambre de acero inoxidable del mismo tamaño de la mecha; se rayaron con un alambre las superficies inferiores de las probetas números 1 y 2, así como la parte superior de la número 3, y se adhirió cemento refractario. Se pegaron las tres probetas cilíndricas y se dejaron secar por veinticuatro horas para quedar bien estabilizadas en el momento de realizar el ensayo.

Se realizaron dos perforaciones diametralmente opuestas en los laterales de la probeta número 2: una de 3 a 5 mm de la superficie y la otra de 3 a 5 mm del alambre. Se colocaron en el alambre central dos contactos—separados por una distancia de 20 cm entre ellos—, que estaban conectados directamente a una fuente de voltaje. Luego se introdujo en los dos orificios laterales una termocupla que permitió registrar tanto la temperatura de la superficie como la cercana al alambre; después se aplicó un voltaje de 2 voltios y se mantuvo la corriente de 20 Amp., durante dos horas y media aproximadamente, tomando los valores de las temperaturas a intervalos de 15 min., hasta llegar a las dos horas y media. Finalmente, se realizaron los cálculos correspondientes a la conductividad térmica mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{VA \pi L}{2(T_1 - T_2)} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (1)$$

Donde:

- k = Conductividad térmica
- V = Voltaje aplicado
- A = Corriente
- L = Longitud del alambre entre los contactos de la fuente

- T_2 = Temperatura menor (superficie de la probeta)
- T_1 = Temperatura mayor (interior de la probeta, cerca del alambre)
- R_1 = Radio menor ($R_p - Pt_1$)
- R_2 = Radio mayor ($R_p - Pt_2$)
- R_p = Radio de la probeta
- Pt_1 = Profundidad (T_1)
- Pt_2 = Profundidad (T_2)

Este ensayo se realizó a veinte y siete probetas cilíndricas de diferentes mezclas.

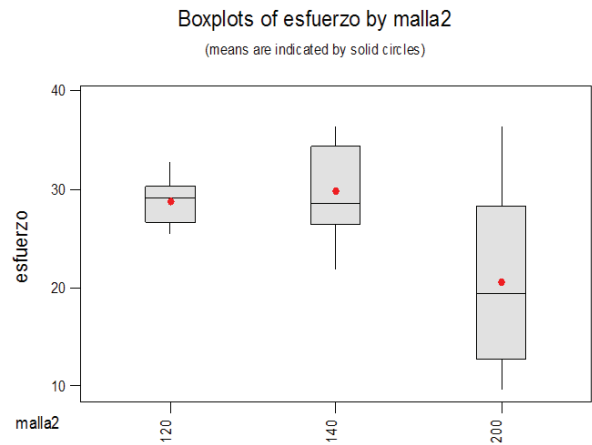


Figura 8. Prueba de resistencia para malla

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ensayos de compresión

Los resultados correspondientes a la resistencia para cada una de las mezclas se muestran en las figuras 8 y 9. La resistencia mecánica caracteriza la capacidad de soportar los golpes y cargas sin sufrir roturas mediante su uso y manipulación; no obstante, se realizó el estudio de las diferentes mezclas bajo este modelo de ensayo a pesar de que no se encontró información al respecto con la que fuese posible comparar los resultados obtenidos. Se realizó este ensayo para su posterior comparación en trabajos futuros.

Los resultados en las figuras 8 y 9 ofrecen un rango de valores entre los cuales debe encontrarse el parámetro que puede ser utilizado como referencia para otros estudios. Mediante los cálculos estadísticos por diseño experimental—utilizando el análisis de varianza (ANAVAR)—se compararon las variables: esfuerzo vs. número de malla y esfuerzo vs. resina. Los resultados obtenidos arrojan que, para el primero, las diferencias fueron relevantes según los estadísticos utilizados (figura 8, tablas 1, 2, 3) y la diferencia (figura 9, tablas 1,2, 3).

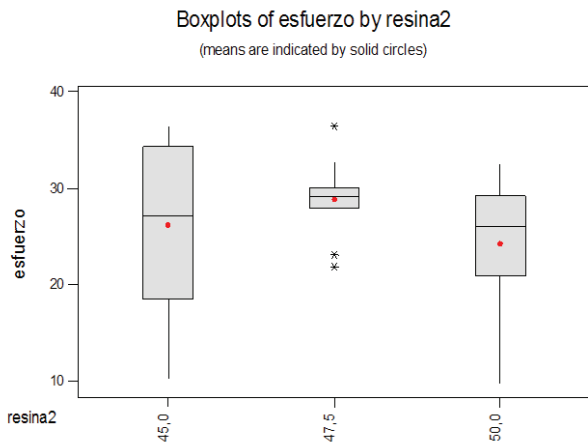


Figura 9. Prueba de resistencia para resina

Tabla 1. Esfuerzo vs # Malla

Analysis of Variance for stresses				
Source	DF	SS	MS	F
mallas	2	610,1	305,0	9,54
Error	33	1055,3	32,0	
Total	35	1665,4		
Individual 95% CIs for Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
120	12	28,737	2,100	
140	12	29,863	4,593	
200	12	20,622	8,392	
Pooled StDev =		5,655		20,0
	25,0	30,0	35,0	

Tabla 2. Esfuerzo vs Resina

Analysis of Variance for stresses				
Source	DF	SS	MS	F
resina2	2	129,2	64,6	1,39
Error	33	1536,1	46,5	
Total	35	1665,4		
Individual 95% CIs For Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
45,0	12	26,167	8,719	
47,5	12	28,838	3,809	
50,0	12	24,216	7,009	
Pooled StDev =		6,823		21,0
	24,5	28,0	31,5	

Tabla 3. Esfuerzo vs # Malla x Resina

Analysis of Variance for stresses				
Source	DF	SS	MS	
mallas	2	610,1	305,0	
resina2	2	129,2	64,6	
Error	31	926,1	29,9	
Total	35	1665,4		
Individual 95% CI				
mallas	Mean	-----+-----+-----		
120	28,7			
140	29,9			
200	20,6	(-----*-----)		
		20,0	24,0	
28,0	32,0			
Individual 95% CI				
resina2	Mean	-+-----+-----		
45,0	26,2	(-----*-----)		

Los resultados estadísticos irrelevantes pueden atribuirse a que cuando el tamaño de partícula en la mezcla es mayor, aumenta el volumen de los poros así como el área entre los granos, generando menor cohesión entre los mismos, por lo que la resina acrílica al mezclarse con la arcilla, compacta la mezcla y se adhiere en los espacios dejados por los granos y en los poros, motivando que al momento de secarse a temperatura ambiente se plastifica la resina acrílica, ya que es un polímero termoplástico, ocasionando una gran plasticidad y resistencia en la mezcla, por esta razón debería haber mayor esfuerzo en las de menor número de malla, tal como arrojan los resultados obtenidos, a diferencia de la mezcla que utilizó el mayor número de malla donde los granos son más finos y las partículas se encuentran más unidas entre sí; lo cual se explica porque al estar más cohesionadas y poseer un tamaño de grano más fino, el espacio entre ellas es mucho menor, por tanto, también se reduce la adhesión de resina acrílica generando menos plasticidad y resistencia, dando así un pequeño esfuerzo a la compresión.

Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura

Los resultados correspondientes a la resistencia de flexión para cada una de las mezclas se muestran en las figuras 10 y 11. La resistencia a la flexión es una medida de resistencia a la tracción, por lo que se elaboró este ensayo para las diferentes mezclas. Al igual que en la prueba anterior, no se encontró información para comparar los resultados obtenidos, tomando esto en consideración, esta investigación se llevó a cabo para su posterior comparación en trabajos futuros. De igual manera se realizaron cálculos estadísticos por diseño experimental. Utilizando el análisis

de varianza (ANAVAR) se compararon las variables de: módulo de rotura (MOR) en contraste con el número de la malla y el volumen de resina (MOR vs. número de malla y MOR vs. resina) los resultados obtenidos arrojan que para el caso MOR vs. resina fueron relevantes para los estadísticos utilizados en la figura 10, tabla 7, a diferencia de MOR vs. número de malla, estos resultados estadísticos se muestran en: figura 11, tabla 10.

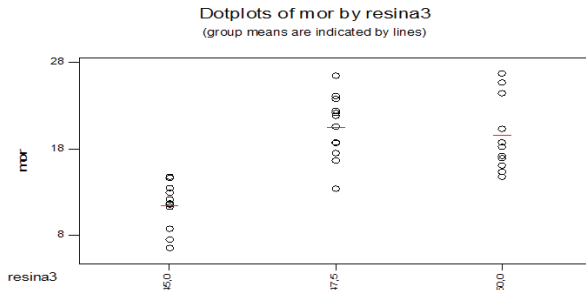


Figura 10: Resistencia a la flexión para resina

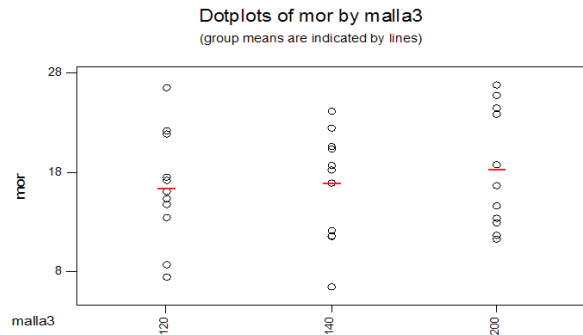


Figura 11: Resistencia a la flexión para malla

Tabla 4. MOR vs. Resina

Analysis of Variance for mor				
Source	DF	SS	MS	F
resina3	2	610,9	305,5	24,49
Error	33	411,7	12,5	
Total	35	1022,6		
Individual 95% CIs For Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
45,0	12	11,372	2,634	
47,5	12	20,554	3,701	
50,0	12	19,588	4,098	
Pooled StDev =		3,532		12,0
		16,0	20,0	

Tabla 5. MOR vs. # Malla

Analysis of Variance for mor				
Source	DF	SS	MS	F
malla3	2	23,4	11,7	0,39
Error	33	999,2	30,3	
Total	35	1022,6		
Individual 95% CIs For Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
120	12	16,314	5,417	
140	12	16,950	5,358	
200	12	18,251	5,727	
Pooled StDev =		5,503		15,0
		17,5	20,0	

La irrelevancia estadística reportada en el ensayo de MOR vs. resina puede deberse a la mayor cantidad de resina acrílica al momento del conformado y cohesión de la mezcla, ya que aquella es un líquido viscoso que se seca a temperatura ambiente debido a que es un polímetro termoplástico (como fue explicado anteriormente), y forma una película dura y continua que mantiene el pigmento firmemente adherido a los granos generando mayor plasticidad, así como una mayor resistencia de flexión en las mezclas con más cantidad de resina acrílica –acotando que hay rotura atribuida a las concentraciones de esfuerzo, imperfecciones, porosidades–, esto se produce generalmente por la poca homogeneidad de la mezcla, distribución del grano y conformación de la misma.

Resistencia a los ensayos de conductividad térmica

Los resultados correspondientes a los ensayos de conductividad térmica para cada una de las mezclas se muestran en las tablas 6, 7 y 8; figuras 12 y 13.

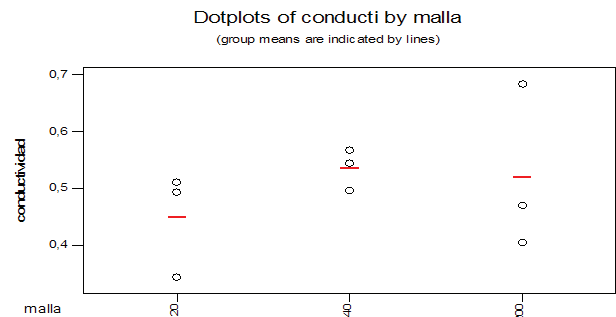


Figura 12. Prueba de resistencia para malla

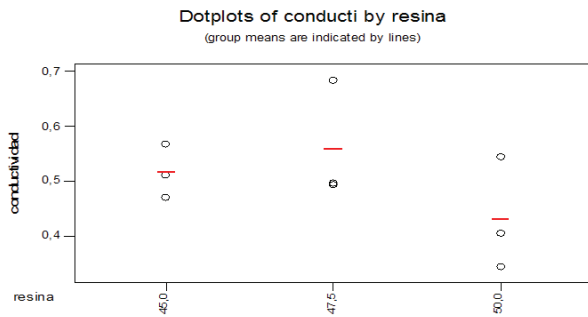


Figura 13. Prueba de resistencia para resina

Tabla 6. Conductividad vs Resina Malla

Analysis of Variance for conducti				
Source	DF	SS	MS	
resina	2	0,02526	0,01263	
				1,37 0,352
malla	2	0,01269	0,00634	
				0,69 0,553
Error	4	0,03686	0,00922	
Total	8	0,07481		
Individual 95% CI				
resina	Mean			
45,0	0,517			
47,5	0,559			
50,0	0,432			
		0,360	0,480	
0,600	0,720			
Individual 95% CI				
malla	Mean			
120	0,451			
140	0,537			
200	0,521			
		0,300	0,400	
0,500	0,600	0,700		

Tabla 7. Conductividad vs Malla

Analysis of Variance for conducti				
Source	DF	SS	MS	F
malla	2	0,0127	0,0063	0,61
				0,573
Error	6	0,0621	0,0104	
Total	8	0,0748		
Individual 95% CIs For Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
120	3	0,4507	0,0919	
140	3	0,5373	0,0361	
200	3	0,5207	0,1460	
Pooled StDev =		0,1018		
0,36	0,48	0,60	0,72	

Tabla 8. Conductividad vs Resina

Analysis of Variance for conducti				
Source	DF	SS	MS	
resina	2	0,02526	0,01263	1,53
				0,291
Error	6	0,04955	0,00826	
Total	8	0,07481		
Individual 95% CIs For Mean				
Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
45,0	3	0,51733	0,04922	
47,5	3	0,55933	0,10884	
50,0	3	0,43200	0,10250	
Pooled StDev =		0,09088		0,36
0,48	0,60	0,72		

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad para acumular o conducir el calor al ser sometidos a un gradiente de temperatura. Para este estudio es una característica importante ya que permite conocer la cantidad de calor que pierde o se almacena, Norton (1972). De igual manera que los ensayos anteriores, no fue encontrada información para comparar los resultados obtenidos, por lo que este ensayo se realizó para su posterior comparación con estudios futuros. Para la prueba de conductividad térmica también se realizaron cálculos estadísticos por diseño experimental. Utilizando el análisis de varianza (ANAVAR) se compararon las variables: conductividad térmica con el número de malla y el volumen de resina, obteniendo que para ambas comparaciones los resultados estadísticos son irrelevantes. Estos datos fueron mostrados en las tablas 6, 7 y 8. La conductividad térmica de cualquier mezcla posee valores similares por lo que existe tendencia a que las mezclas con mayor número de malla presenten menor conductividad. Ello sugiere que la mezcla tenía mayor adherencia de resina en los poros y espacios vacíos entre los granos más grandes.

CONCLUSIONES

Se observó un aumento del esfuerzo de la resistencia mecánica a la compresión al realizar mezclas de arcilla-resina con mayor tamaño de grano, debido a que por la plasticidad de la resina acrílica hay menos espacios vacíos entre los granos y sus porosidades.

En lo que concierne a la resistencia a la flexión: en las mezclas con mayor volumen de resina acrílica, la flexión fue mayor mientras aumentaba la cantidad del polímero. Ahora, en los ensayos de conductividad térmica, para las mezclas de mayor tamaño de malla con los distintos volúmenes de resina, dicha conductividad fue menor presentando mejor comportamiento, ya que la misma es beneficiosa debido a

que no permite el escape de calor ni su almacenamiento en el lugar donde sea aplicada la mezcla refractaria. Se debe acotar que al utilizar una resina que soporte temperaturas superiores a 500 °C y no se evapore –dado que la utilizada funciona como mezcla refractaria a temperatura menores de 300 °C –, si se sobrepasa ese nivel, se quema por las propiedades que tiene la mezcla ya explicada y ensayada en este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

ANGULO, A. (2004). *Caracterización y evaluación de las propiedades térmicas y mecánicas de las arcillas de Quibor y Bobare*. Tesis especial de grado no publicada. UNEXPO VR., Barquisimeto.

LÓPEZ, D. (2006). *Caracterización de una mezcla refractaria con el uso de las arcillas de la cuesta del eje el Tocuyo-Sanare para la fabricación de ladrillos refractorios*. Trabajo especial de grado no publicado. UNEXPO VR., Barquisimeto.

NORMA DE LA ASTM C201-93 . (2004). *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories*.

NORMA DE LA ASTM C133-97. (2003). *Stand Test Methods for Cold Crushing Strength and Modulus of Refractories*.

NORTON, F. H. (1972). *Refractarios (1ra ed.)*. Barcelona, España: Blume.

OCANTO, R. (2005). “*Evaluación de un refractario Silicio - Aluminio a partir de pirofiliticas del estado Lara*”. Tesis especial de grado no publicada., UNEXPO VR., Barquisimeto.

