Caracterización de las pastas cerámicas con arcillas de Barichara.

1. Formulación de las pastas cerámicas

Para la formulación de las pastas cerámicas se plantearon los siguientes porcentajes, partiendo de tres variaciones; únicamente con los materiales con los que los artesanos puedan contar en los chircales de la veredera guayabal pertenecientes a la formación geológica Simití, agregando aditivos como la chamota y el feldespato y, por último, reemplazando el feldespato por cabonato. Estas pastas fueron formuladas por el profesor Carlos Andrés Cárdenas Balaguera en el marco del proyecto 4466: «Evaluación de potenciales aplicaciones para la industria cerámica y de la construcción a partir de las arcillas de Barichara». La caracterización de estas pastas hace parte de la pasantía de investigación.

1.1.Porcentajes formulados para los especímenes

Técnica de conformado	Arcilla AF (%)	Arcilla CA (%)	Arcilla TA (%)	Desengrasante (% chamota)	Fundente (Feldespato sódico)	Fundente (Carbonato de calcio)	Observaciones
Rollos	25%	60%	15%				Resistencia al agrietamiento por flexión.
	20%	50%	15%	10% (Tamaño fino)	5%		Mejora la resistencia al impacto.
	20%	50%	15%	10% (Tamaño fino)		5%	
Placas (Molde metálico)	30%	20%	50%				Baja adherencia y estabilidad dimensional.
	24%	16%	40%	12% (Tamaño medio)	8%		Evita que las placas se alabeen.
	24%	16%	40%	12% (Tamaño medio)		8%	

Nota: Las pastas se queman a una temperatura de 1080°C.

1.2. Elaboración de las probetas

Posterior al planteamiento de los porcentajes, se elaboraron probetas de las formulaciones de rollos y placas, tenían como medidas 10cm x 10cm x 2,4cm, para evaluar si los especímenes presentaban algún tipo de quiebre durante el proceso de secado o la quema.

1.3.Evidencia fotográfica



1.4. Conclusiones

De acuerdo a lo observado en la quema y secado de los especímenes, aquellos que no contenían ningún aditivo (chamota, feldespato o carbonato) eran más propensos a los quiebres, por lo que se decantó a la utilización de pastas que contenían feldespato, puesto que este es el que mejor funciona entre los dos fundentes a las temperaturas que alcanzan los hornos de leña de los chircaleros de la vereda guayabal (1080°C).

2. Prototipado para la pasta formulada de tarraja

Para las 3 pastas de tornomoldeo se procedió a realizar las pruebas de observación en comportamiento de secado y quema directamente con prototipos de macetas, con el propósito de también evaluar el comportamiento de la pasta con moldes de yeso la adaptación a la forma y la facilidad de deslizamiento de la formaleta.

2.1.Pastas formuladas para tarraja o tornomoldeo

Tornomolde y tarraja	40%	20%	40%				Excelente maquinabilidad y corte limpio.
	32%	16%	32%	12% (Tamaño fino)	8%		Evita que se rayen las superficies.
	32%	16%	32%	12% (Tamaño fino)		8%	

2.2.Evidencias fotográficas





2.1. Conclusiones

En estos especímenes se pudo observar un comportamiento similar a las probetas de rollos y placas, la pasta que no contenía ningún aditivo (feldespato, carbonato, chamota) fue la que más presentó quiebres, adicionalmente, a pesar de que el carbonato dotaba a la pasta de un color más rojizo, esta también presento quiebres, a pesar de que en menor medida que la primera pasta, por lo que se concluyó que la pasta más adecuada para este tipo de pastas a 1080°C es la pasta que contiene feldespato.

3. Muestreo para las pruebas físicas y de contracción

Se seleccionaron como muestras para las demás pruebas de caracterización tres tipos de pastas cerámicas, divididas por su técnica de conformado:

- Rollos: Compuesta por 20% de arcilla fina (AF), 50% de arcilla cascajo (CA), 15% de arcilla amarilla (TA), 10% de chamota de grano fino y 5% de feldespato sódico.
- Placas (pasta para molde metálico): Compuesta por 24% de arcilla fina (AF), 16% de arcilla cascajo (CA), 40% de arcilla amarilla (TA), 12% de chamota de grano fino y 8% de feldespato sódico.
- Tornomolde y tarraja: Compuesta por 32% de arcilla fina (AF), 16% de arcilla cascajo (CA), 32% de arcilla amarilla (TA), 12% de chamota de grano fino y 8% de feldespato sódico.

4. Contracción lineal de las pastas cerámicas seleccionadas, Norma ASTM C326-09: Contracción por secado y cocción de arcillas

Lp= 10.2 cm (Longitud Plástica Inicial)

3.1 Aplicación de las fórmulas de la sección 5 de la norma ASTM C326-09

- Contracción Lineal por secado (Sd):

$$Sd(\%) = [(Lp-Ld)/ Lp] * 100$$

- Contracción Lineal Total (St):

$$St(\%) = [(Lp-Lf)/Lp]*100$$

3.2. Resultados

Pasta formulada para rollos				
	Horno Estufa Ld (cm)	**Contracción lineal por secado (Sd) %**	**Horno final Lf (cm)**	**Contracción Lineal Total (St) %**
1	9,5	6,9	8,5	16,67
2	8,6	5,9	8,6	15,7
3	8,3	11,8	8,3	18,6
Promedio	9,4	8,2	8,5	17
Desv. Est	0,32	3,15	0,15	1,5

Pasta formulada para placas				
	Horno Estufa Ld (cm)	**Contracción lineal por secado (Sd) %**	**Horno final Lf (cm)**	**Contracción Lineal Total (St) %**
1	9,4	7,8	8,9	12,7
2	9,4	7,8	8,8	13,2
3	9,3	8,8	8,7	14,7
Promedio	9,4	8,2	8,8	13,6
Desv. Est	0,06	0,57	0,10	1,02

Pasta formulada para torno o tarraja				
	Horno Estufa Ld (cm)	**Contracción lineal por secado (Sd) %**	**Horno final Lf (cm)**	**Contracción Lineal Total (St) %**
1	9,4	8,8	8,9	12,7
2	9,4	8,8	8,9	12,7
3	9,3	9,8	8,8	13,7
Promedio	9,4	9,2	8,9	13,1
Desv. Est	0,06	0,57	0,06	0,57

Nota: *Dado que la precisión del método es de 0.1%, reportar con muchos decimales (ej. 15,294%) es engañoso. Se debe redondear a un solo decimal.*

3.3. Conclusiones:

- **Pasta formulada para rollos:** Presenta una contracción lineal por secado promedio del 8,2%, registra también la contracción lineal total más alta del ensayo, con un

promedio del 17%, llegando ha alcanzar hasta un 18,6% en el espécimen 3. Con base a esto se puede concluir que esta pasta experimenta una gran pérdida de agua.

- **Pasta formulada para placas:** Mantiene una contracción lineal por secado promedio de 8,2%, entre especímenes su comportamiento es muy homogéneo, con muy poca variación entre especímenes. Esta pasta refleja una mayor estabilidad dimensional después del horneado a comparación de la pasta de rollos.
- **Pasta formulada para torno o tarraja:** Presenta el porcentaje más alto de contracción lineal por secado, con un promedio del 9,2%. A pesar de contraerse más en el secado, registra la menor contracción lineal total del grupo, con un promedio de 13,1%. A partir de esto se puede concluir que aunque pierde mayor volumen al evaporar el agua de conformado, la pieza experimenta una contracción por cocción más baja y controlada, favorable y adecuada para las tolerancias de piezas a la hora de elaborarlas por tarraja.

3.4. Evidencias Fotográficas





5. Norma ASTM C20-00: Porosidad, absorción y densidad en refractarios

Para la determinación del peso suspendido (S), se utilizó un alambre de soporte. Dado que la balanza no se taró previamente con únicamente el alambre sumergido, se realizó una corrección después de la medición, restando el peso del alambre en seco (5,4g) al valor total del peso suspendido.

5.1. Fórmulas aplicadas pertenecientes a la sección 6 de la norma ASTM C20-00:

- Volumen exterior (V) (cm^3): $V = W - S$
- Porosidad aparente (P): $P\ (\%) = [(W-D)/V]*100$
- Absorción de agua (A): $A\ (\%) = [(W-D)/D]*100$
- Gravedad específica aparente (T): $T = D/(D-S)$

- Densidad aparente (B): *B(g/cm^3) = D/ V*

5.2. Resultados

Probeta	Espécimen	D peso seco (g)	S Peso suspendido (g)	W Peso saturado (g)	V= W-S Volumen ext. (cm^3)
Probeta 1 (Pasta formulada para rollos)	Rollos-1	48	35	17	17
	Rollos-2	46	25	26	26
	Rollos-3	47	30	23	23
	Promedio	47	30	22	22
Probeta 2 (Pasta formulada para placas)	Placas-1	313	200	349	149
	Placas-2	272	175	296	121
	Placas-3	290	155	322	167
	Promedio	291	176,67	332,33	145,67
Probeta 3 (Pasta formulada para tarraja)	Tarraja-1	277	150	284	134
	Tarraja-2	274	165	303	138
	Tarraja-3	261	145	277	132
	Promedio	270,67	153,33	288	134,67

Probeta	Espécimen	*P= (W-D)/V*100* Porosidad aparente (%)	*A= (W-D)/D*100* Absorción (%)	*T= D/(D-S)* Grav. Esp. aparente	*B= D/V* Densidad aparente (cm^3)
Probeta 1 (Pasta formulada para rollos)	Rollos-1	23,53	8,33	3,69	2,82
	Rollos-2	19,23	10,87	2,19	1,77
	Rollos-3	26,09	12,77	2,76	2,04
	Promedio	22,95	10,66	2,88	2,21
Probeta 2 (Pasta formulada para placas)	Placas-1	24,16	11,50	2,77	2,10
	Placas-2	19,83	8,82	2,80	2,25
	Placas-3	19,16	11,03	2,15	1,74
	Promedio	21,05	10,45	2,57	2,03
Probeta 3 (Pasta formulada para tarraja)	Tarraja-1	5,22	2,53	2,18	2,07
	Tarraja-2	21,01	10,58	2,51	1,99
	Tarraja-3	12,12	6,13	2,25	1,98
	Promedio	12,79	6,41	2,31	2,01

4.3. Conclusiones:

- **Pasta formulada para rollos:** Presenta la mayor porosidad aparente con un promedio de 22,95% y la absorción de agua más alta con un promedio de 10,66%, lo cual concuerda con ser la mezcla que sufre la contracción lineal total mayor. Por lo que hay mayor espacio para que se libere el agua durante el secado, pero también una alta deformación en la etapa de cocción.

- **Pasta formulada para placas:** Muestra valores intermedios-altos de porosidad aparente de 21,05% y absorción de agua promedio de 10,45%. Su estabilidad dimensional combinada con su porosidad controlada la hace idónea para formatos planos o placas, pues no se genera un alabeo excesivo y se minimiza el riesgo de agrietamiento durante la cocción.
- **Pasta formulada para torno o tarraja:** Se posiciona como la pasta más densa y compacta, registrando la menor porosidad aparente con un promedio de 12,78% y la menor absorción de agua con un promedio de 6,41% del ensayo. La pieza pierde más agua al inicio, pero experimenta una menor alteración dimensional en el horno.

5.3. Evidencia fotográfica:







6. Prototipado para la pasta de barbotina

Para la formulación de la pasta de barbotina se decidió formular solo con la arcilla cascajo, debido a que la combinación de los tres tipos de materias primas (Cascajo, Arcilla fina y Arcilla amarilla) implicaría una alteración en el porcentaje de defloculante calculado en el ensayo de potencial Zeta, por lo que debido a las propiedades de elasticidad y granulometría del cascajo se decidió formular las pastas con esta materia prima. Estas pastas fueron formuladas por el profesor Carlos Andrés Cárdenas Balaguera en el marco del proyecto 4466: «Evaluación de potenciales aplicaciones para la industria cerámica y de la construcción a partir de las arcillas de Barichara».

Técnica de conformado	Arcilla cascajo (CA)	Cuarzo	Feldespato	Carbonato de calcio	Silicato de sodio (defloculante)
Barbotina	100% 80%	10%	6%	4%	0.6% 0.6%

Una vez planteadas las formulaciones se procedió a elaborar un prototipo de cada pasta, para observar su comportamiento durante el secado y el horneado.

6.1. Conclusiones

Ambos prototipos presentaron un buen comportamiento durante el secado, sin embargo, la pasta blanca (la pasta que solo contiene cascajo) o sin aditivos requiere de más tiempo en el molde de yeso para construir una pared del mismo grosor que la pasta con aditivos. Por otro lado, la pasta blanca presento una mayor pérdida de agua durante el secado, haciendo que las piezas conformadas por ella fueran de un tamaño menor a pesar de que provinieran del mismo molde. En el quemado tuvieron un comportamiento similar, sin embargo, la pasta blanca es más propensa a realizar alabeos. Por esto se recomienda que para la elaboración de barbotina se utilice la pasta con aditivos y así mantener la estabilidad dimensional de las piezas

6.2. Evidencia fotográfica



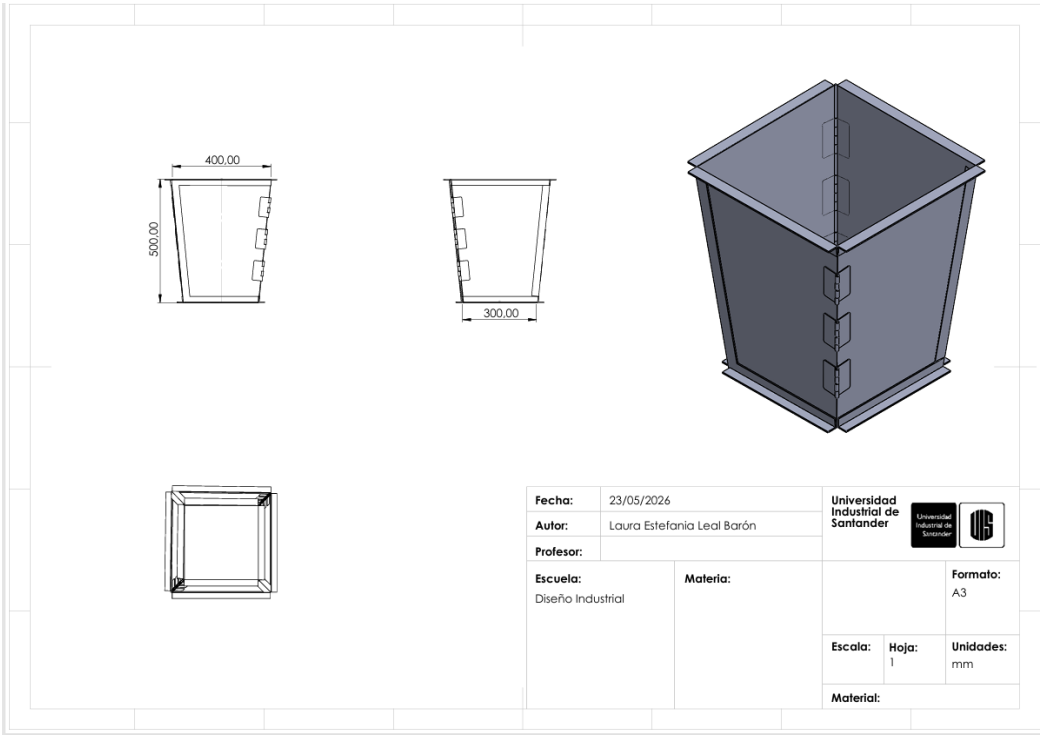
7. Prototipado de la pasta seleccionada para rollos y placas

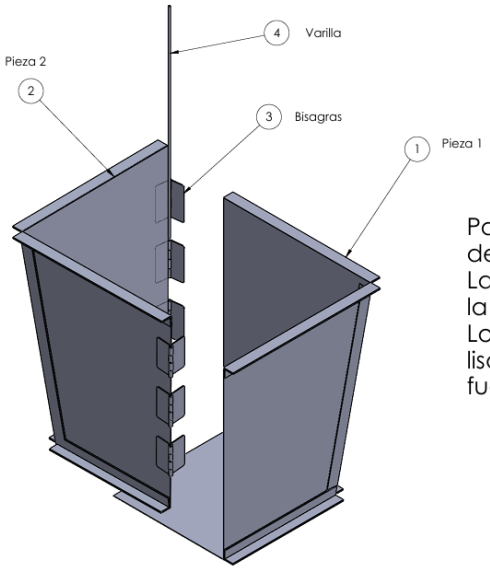
Una vez concluido que las pastas más aptas para este tipo de conformado y para las temperaturas que suelen alcanzar las quemas tradicionales de Barichara (1080°C), se procedió a crear un prototipo de matera con cada una de estas pastas, con el propósito de verificar su comportamiento en cuerpos a mayor escala y ya conformados.

7.1.Construcción de molde para prototipado de pastas

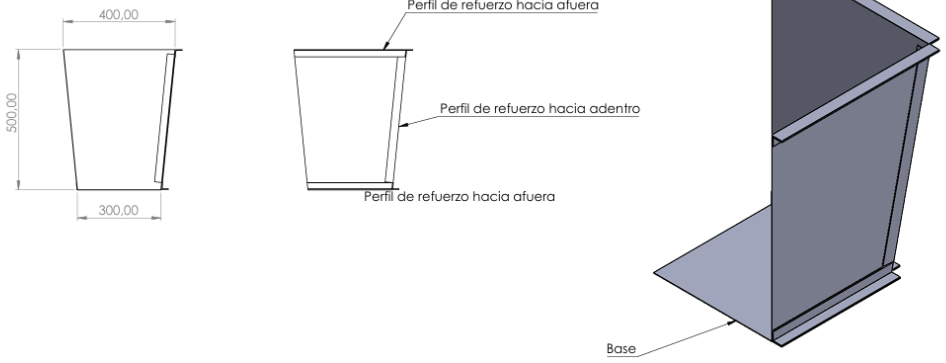
La pasta de placas se construyó con el propósito de elaborar productos de grandes dimensiones por medio de moldes metálicos, por esto se elaboró un molde para construir una maceta de dimensiones 40*40*25cm y evaluar la estabilidad dimensional de la pasta, así como su comportamiento con el molde.

7.1.1. Planos del molde metálico

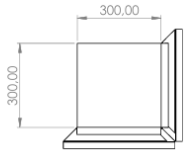


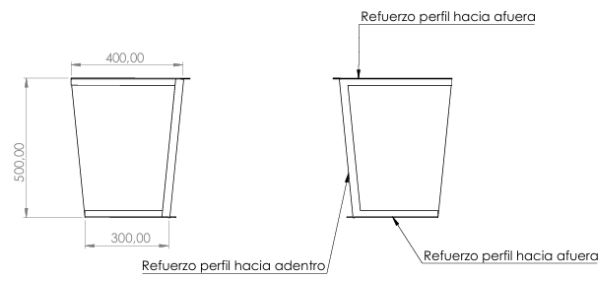


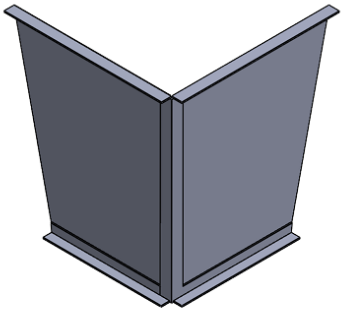
Para este modelo se tomaron bisagras de largo 80mm, usando 3 por arista
La varilla debe unir las tres bisagras de la misma arista al mismo tiempo.
Los acabados internos deben ser lo más lisos posibles, aplicar la soldadura por fuera.



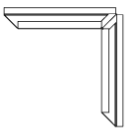
Medidas Base 30*30cm







Pieza 2: solo dos caras laterales



7.2. Evidencia fotográfica









7.3. Conclusiones

Tanto como la pasta de rollos como la pasta de placas demostraron ser adecuadas para el propósito con el cuál se formularon. La pasta de placas logra un secado rápido para llegar a estado de cuero en un tiempo corto, permitiendo la construcción de prototipos por medio de moldes metálicos, gracias a su contenido de chamota. Con el prototipado se logra saber que la pasta de placas tiene una gran estabilidad dimensional, no es propensa a quiebres durante el secado y tiene un buen comportamiento con el desmoldante de ceniza de leña usado.

Por otro lado, la pasta de rollos demostró tener la suficiente estabilidad para construir objetos, en cuanto a su secado y horneado este prototipo ayudo para reformular la proporción de chamota en la pasta de 5% a 7% debido a la aparición de ciertos quiebres

durante la construcción del objeto, que demostraban que aún hacía falta espacios entre los poros para la salida del aire.

8. Fichas técnicas

8.1. Ficha técnica pasta para el método de conformación de rollos

8.1.1. Ficha técnica a pasta formulada para método de conformación de rollos

PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Promedio de probetas de ensayo	Porosidad aparente (P)	%	22,95
	Absorción aparente (A)	%	10,66
	Densidad aparente (B)	g/cm^3	2,21
	Gravedad específica aparente (T)	-	2,88
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de probetas de ensayo	Contracción por secado (Sd)	%	8,2
	Contracción lineal total (St)	%	17
COLOR EN QUEMA (NOTACIÓN MUNSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz valor/Croma)	-	5YR 6/6
	Nombre de color aproximado	-	Amarillo rojizo (Reddish Yellow)

8.1.2. Ficha técnica a pasta formulada para método de conformación de placas

PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Promedio de probetas de ensayo	Porosidad aparente (P)	%	21,05
	Absorción aparente (A)	%	10,45
	Densidad aparente (B)	g/cm^3	2,57
	Gravedad específica aparente (T)	-	2,03
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de probetas de ensayo	Contracción por secado (Sd)	%	8,2
	Contracción lineal total (St)	%	13,6
COLOR EN QUEMA (NOTACIÓN MUNSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz valor/Croma)	-	5YR 5/8
	Nombre de color aproximado	-	Rojo amarillento (yellowish red)

8.1.3. Ficha técnica a pasta formulada para método de conformación de tarraja o tornomoldeo

PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Promedio de probetas de ensayo	Porosidad aparente (P)	%	12,79
	Absorción aparente (A)	%	6,41
	Densidad aparente (B)	g/cm^3	2,31
	Gravedad específica aparente (T)	-	2,01
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de probetas de ensayo	Contracción por secado (Sd)	%	9,2
	Contracción lineal total (St)	%	13,1
COLOR EN QUEMA (NOTACIÓN MUNSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz valor/Croma)	-	7.5YR 6/6
	Nombre de color aproximado	-	Amarillo rojizo (Reddish Yellow)