Caracterización arcillas de Barichara

Los resultados presentados en el siguiente informe hacen parte de las pruebas realizadas en el marco del proyecto de investigación 4466 “Evaluación de potenciales aplicaciones para la industria cerámica y de la construcción a partir de las arcillas de Barichara”.

1. Muestreo

Se seleccionaron 3 tipos de suelo: (AF) Arcilla Fina, (CA) Arcilla Cascajo, (TA) Arcilla Amarilla.

2. 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 el alambre sumergido. Por lo tanto, se realizó una corrección después de la medición restando el peso del alambre en seco (5.4 g) al valor de la balanza.

2.1. Fórmulas aplicadas pertenecientes a la Sección 6 de la norma ASTM C20-00:

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

2.2. Resultados

Probeta	Espécimen	D Peso seco (g)	S Peso suspendido (g)	W Peso saturado (g)	V= W – S Volumen ext. (cm^3)
Probeta 1 (Cascajo)	**CA-1**	212,60	115,00	239,30	124,30
	CA-2	212,40	120,00	236,50	116,50
	CA-3	216,90	135,00	253,50	118,50
	Promedio	213,97	123,33	243,10	119,77
Probeta 2 (Arcilla Fina)	**AF-1**	196,90	115,00	225,30	110,30
	AF-2	227,00	130,00	261,50	131,50
	AF-3	206,90	120,00	233,90	113,90
	Promedio	210,27	121,67	240,23	118,57
Probeta 3 (Arcilla Amarilla)	**TA-1**	295,80	175,00	352,60	177,60
	TA-2	305,80	190,00	364,90	174,90
	TA-3	299,70	185,00	361,50	176,50
	Promedio	300,43	183,33	359,67	176,33

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 (g/cm^3)
Probeta 1 (Cascajo)	**CA-1**	21,5	12,6	2,18	1,71
	CA-2	20,7	11,3	2,30	1,82
	CA-3	30,9	16,9	2,65	1,83
	Promedio	24,4	13,6	2,38	1,79
	AF-1	25,7	14,4	2,40	1,79

Probeta 2 (Arcilla Fina)	**AF-2**	26,2	15,2	2,34	1,73
	AF-3	23,7	13,0	2,38	1,82
	Promedio	25,2	14,2	2,38	1,78
Probeta 3 (Arcilla Amarilla)	**TA-1**	32,0	19,2	2,45	1,67
	TA-2	33,8	19,3	2,64	1,75
	TA-3	35,0	20,6	2,61	1,70
	Promedio	33,6	19,7	2,57	1,70

Nota: Los decimales han sido redondeados según la Sección 7.2 de la norma (1 decimal para Porosidad y Absorción; 2 decimales para Gravedad Específica y Densidad).

2.3. Conclusiones:

El análisis de las propiedades físicas bajo la norma ASTM C20-00 evidencia una relación inversa entre la densidad y la porosidad de los materiales evaluados.

- **Comportamiento de la Arcilla Amarilla (TA):** Este tipo de suelo presentó la mayor porosidad aparente (33.6%) y absorción de agua (19,7%), lo cual es consistente con registrar la densidad aparente más baja del estudio (1.70 g/cm³).
- **Comportamiento de la Arcilla Cascajo (CA):** Registró el valor de porosidad aparente más bajo (24,4%) y la mayor densidad volumétrica (1.79 g/cm³), indicando una estructura interna más compacta que las demás muestras, con una diferencia menor ante los espécimenes de la arcilla fina.
- **Gravedad específica:** Los valores de gravedad específica aparente se mantuvieron en un rango estrecho entre 2.38 y 2.57 para todas las muestras evaluadas.

2.4. Evidencias fotográficas






3. 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):

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

- Contracción Lineal Total (St):

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

3.2. Resultados

Arcilla Cascajo (CA)				
	Horno Estufa (cm)	**Contracción lineal por secado (SD) (%)**	**Horno final (cm)**	**Contracción Lineal Total (ST) (%)**
1	8,5	16,7	8,5	16,7
2	8,8	13,7	8,5	16,7
3	8,7	14,7	8,2	19,6
4	8,8	13,7	8,4	17,6
Promedio	8,7	14,7	8,4	17,65

Arcilla Amarilla (TA)				
	Horno Estufa	**Contracción lineal por secado (SD)**	**Horno final**	**Contracción Lineal Total (ST)**
1	9,2	9,8	9,1	10,8
2	9,2	9,8	9,1	10,8
3	9,0	11,8	8,9	12,7
4	9,4	7,8	9,0	11,8
Promedio	9,2	9,8	9,02	11,52

Arcilla Fina (AF)				
	Horno Estufa	**Contracción lineal por secado (SD)**	**Horno final**	**Contracción Lineal Total (ST)**
1	9,0	11,8	8,8	13,7
2	8,7	14,7	8,5	16,7
3	9,1	10,8	8,6	15,7
4	9,1	10,8	9,0	11,8
Promedio	8,97	12,02	8,72	14,47

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:

- **Arcilla Amarilla (TA):** Los promedios calculados demuestran que la **arcilla amarilla (TA)** es el material con mayor estabilidad dimensional, presentando la menor contracción por secado (9.4%) y una contracción total final de apenas 11.53%.
- **Arcilla Cascajo (CA):** Este material es el más susceptible a cambios volumétricos significativos, con una contracción promedio por secado (SD) del 15.3% y una contracción total

(ST) del 18.2%. Estos niveles elevados sugieren un mayor riesgo de fisuración o deformación durante los procesos térmicos.

- **Arcilla Fina (AF):** Presentó valores intermedios y equilibrados, con una contracción total del 14.5%, posicionándose como una opción con comportamiento predecible para procesos industriales o artesanales.

3.4. Evidencias Fotográficas



4. C674-13 Métodos de Prueba estándar para propiedades de flexión en materiales

4.1. Resultados

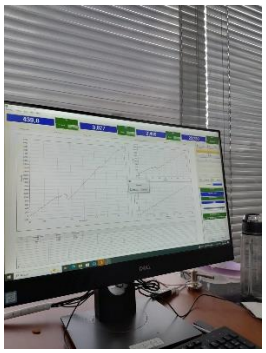
	Espécimen 1 (MPa)	Espécimen 2 (MPa)	Espécimen 3 (MPa)	Promedio (MPa)	Desvesta
Arcilla Fina (AF)	19,30	12,54	8,13	13,32	4,59
Cascajo (CA)	18,73	23,28	9,91	17,31	5,55
Arcilla Amarilla (TA)	2,93	3,15	2,85	2,98	0,13

4.2. Conclusiones

Debido a su cercanía con las arenas, la arcilla amarilla es el material que menos resistencia a la compresión tiene, quebrandose con solo 2,98 MPa; mientras que el cascajo que es el material más cercano a las propiedades de las arcillas fue quien presento mayor resistencia a la compresión, necesitando de 13,32 MPa para quebrarse.

4.3. Evidencia fotográfica





5. Plasticidad. Límites de Atterberg

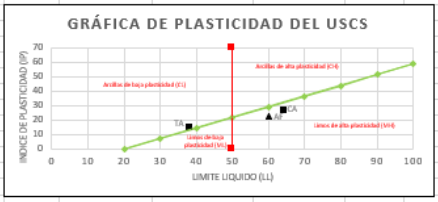
5.1. Carta de plasticidad de Casa Grande, USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

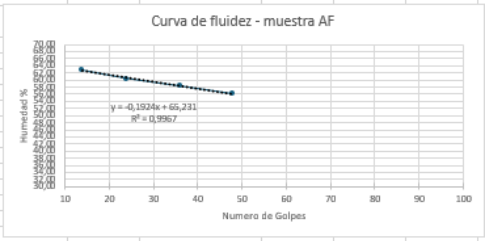
- **Línea A** (color verde) IP = 0,73 (LL - 20) Separa las arcillas (arriba) de los limos (abajo).
- **Línea U.** IP = 0.9 (LL - 8) Límite máximo esperado para suelos naturales.
- **Línea B** (color rojo) LL = 50 (Vertical) Separa suelos de baja (L) y alta (H) plasticidad.

5.2. Resultados

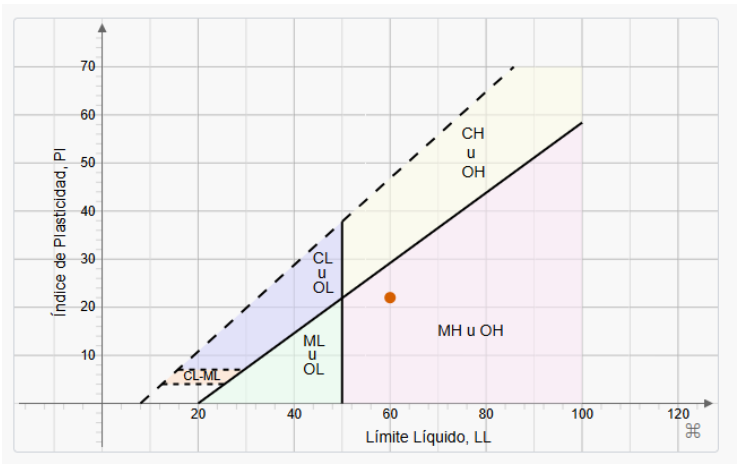
5.2.1. Arcilla Fina (AF)

muestra	AF							
Capsula No	# de golpes	Peso capsula	Peso capsula + Suelo humedo	Peso capsula + Suelo seco	Peso del agua	Peso suelo seco	Contenido de agua	
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	%	LOG (W)
31,00	48,00	5.5	45.3	31.0	14.3	25.5	56,08	1,68124124
26,00	36,00	5.5	45.7	30.9	14.8	25.4	58,27	1,55563025
21,00	24,00	5.4	45.5	30.4	15.1	25.0	60,40	1,38021124
38,00	14,00	5.4	45.1	29.8	15.3	24.4	62,70	1,14612804
32,00		5.4	21.4	17.0	4.4	11.6	37,93	
17,00		5.6	21.7	17.3	4.4	11.7	37,61	
							B-H	C-I
		limite liquido	60,00					
		limite plastico	38,00					
		Indice de plasticidad	22,00					



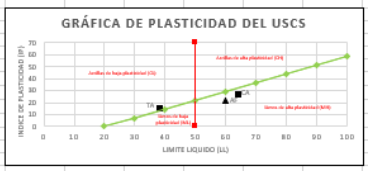


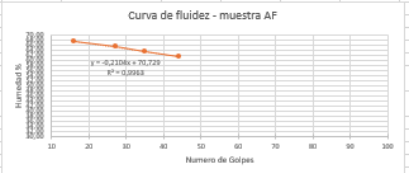
Limite liquido	60,421
Limite plastico	37,77
Indice de plasticida	22,651



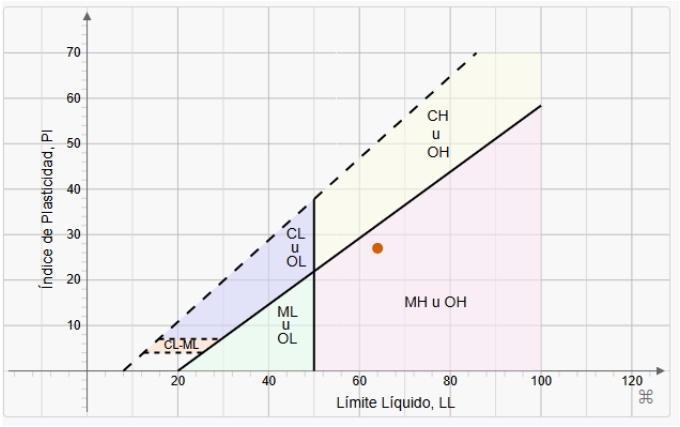
5.2.2. Arcilla Cascajo (CA)

muestra	CA							
Capsula No	# de golpes	Peso capsula	Peso capsula + Suelo humedo	Peso capsula + Suelo seco	Peso del agua	Peso suelo seco	Contenido de agua	
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	%	LOG (W)
19,00	44,00	5.5	44.4	29.6	14.8	24.1	61,41	1,788239
26,00	35,00	5.4	44.6	29.4	15.2	24,00	63,33	1,801603
21,00	27,00	5.3	44.8	29.2	15.6	23.9	65,27	1,814714
38,00	16,00	5.4	44.2	28.6	15.6	23.2	67,24	1,827628
43,00		5.5	22.6	17.9	4.7	12.4	37,90	
44,00		5.4	22.1	17.7	4.4	12.3	35,77	
		limite	64,00					
		limite plastico	37,00					
		Indice de plasticidad	27,00					





		m * 25
Limite liquido	65,469	-5,26
Limite plastico	36,84	
Indice de plasticid	28,634	

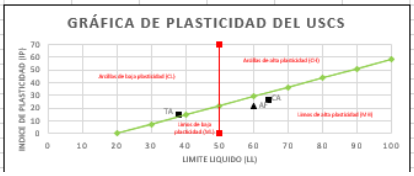


5.2.3. Arcilla Amarilla (TA)

muestra TA

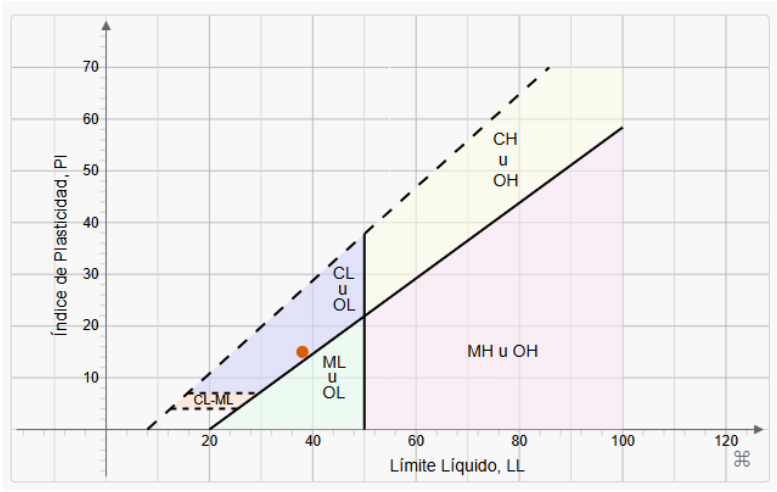
Capsula No	# de golpes	Peso capsula	Peso capsula + Suelo humedo	Peso capsula + Suelo seco	Peso del agua	Peso suelo seco	Contenido de agua
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	%
22,00	46,00	5.4	43.9	33.8	10.1	28.4	35,56
47,00	38,00	5.4	43.7	33.3	10.4	27.9	37,28
48,00	22,00	5.3	43.3	32.6	10.7	27.3	39,19
36,00	12,00	5.5	43.5	32.4	11.1	26.9	41,26
19,00		5.5	20.8	18.0	2.8	12.4	22,58
21,00		5.4	20.3	17.5	2.8	12.1	23,14

limite liquido	38,00
limite plastico	23,00
Indice de plasticidad	15,00





		m * 25
Limite liquido	39,0385	-3,9725
Limite plastico	22,86	
Indice de plasticidad	16,1785	



5.3. Resultados

- Arcillas AF y CA clasificadas en la zona MH u OH (Limo elástico de alta compresibilidad o limo orgánico), es decir un suelo arenoso plástico, que tiene un alto porcentaje de arena, no presentan alta cohesión entre sus partículas.
- Arcilla TA clasificadas como Arcilla de baja plasticidad, muy cercano entre el límite entre limos y arcillas.

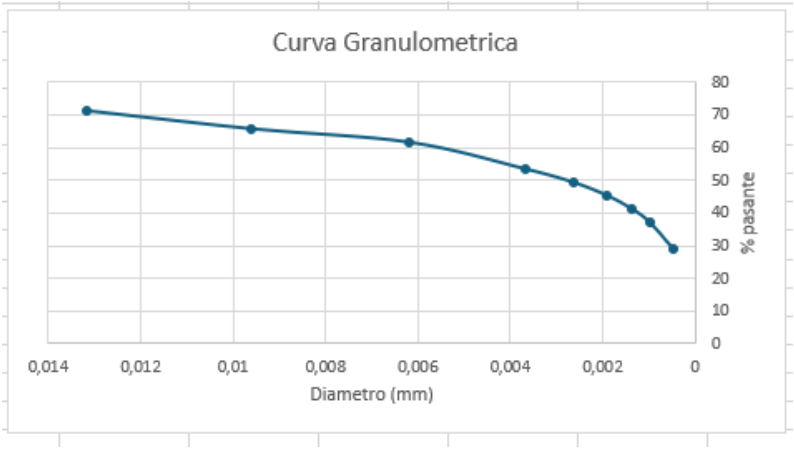
- En general arcillas con baja capacidad de conformación.

Posibles Aplicaciones: Las arcillas AF y CA al ser limos elásticos, presentan una buena capacidad de retracción controlada, que permite su uso en la técnica de la "tapia pisada" (Guillaud, 1994.) las cuales evitaran grietas en la tapia, situación que se acrecentaría con una arcilla de alta plasticidad. La Arcilla TA, debido a su baja plasticidad, facilitaría el desmolde asegura que no se agrietará masivamente al secarse, pero mantiene la cohesión suficiente para mantener la forma y se puede utilizar en alfarería estructural o cerámicas, sin embargo, se podría mejorar su baja resistencia de mecánica en el secado mediante mezclas con otras arcillas.

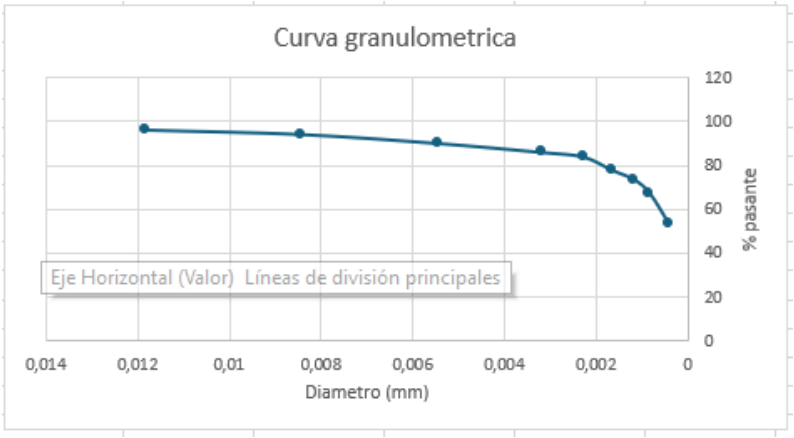
6. Granulometría por sedimentación

6.1. Resultados

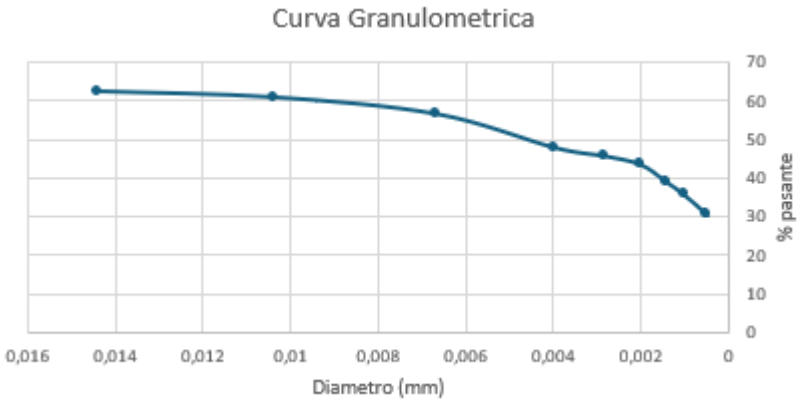
6.1.1. Arcilla Fina (AF)



6.1.2. Arcilla Cascajo (CA)



6.1.3. Arcilla Amarilla (TA)



6.2. Conclusiones parciales Granulometría

- Contenido de arcillas: El tamaño de las partículas arcillosas se encuentra por debajo de los 0,002 mm, por lo tanto, se pueden determinar unos

valores aproximados de la fracción de arcilla, sin embargo, estos valores pueden corresponder en parte a limos de tamaño menor a 0,002mm.

- Arcilla AF con un 44% de arcilla, arcilla CA con un 82% de arcilla y arcilla TA con un 45% de arcilla
- A partir de la metodología de Skempton, se describe la estabilidad físico-química del material frente al agua, se cruzan valores de índice de plasticidad con el contenido de partículas finas. Un material se considera inactivo cuando su valor de actividad (A) está por debajo de 0.75, las muestras AF (0.50), CA (0.33) y TA (0.33), se catalogarían como material inactivo, lo que implica que no sufren hinchamientos brucos al humedecerse o contracciones al secado, favoreciendo la disminución de grietas.
- Ninguna de las tres arcillas es un material ideal por sí solo, posiblemente hay que mezclar entre ellas.
- La arcilla TA, se empieza a perfilar como un material más valioso para aplicación. Es estable, buena plasticidad y un tamaño de partícula que facilita procesos de transformación.
- La alta plasticidad de CA y AF es posiblemente engañosa por que pueden representar alta cantidad de limos plásticos es decir una arena fina con poca cohesión.

Posibles Aplicaciones: Arcilla AF útil como material para revoques o morteros (pañetes), Arcilla TA, Aplicaciones en cerámica y alfarería.

7. Análisis químico por FRX- Granulometría por sedimentación

7.1. Resultados

7.1.1. Arcilla Fina (AF)

Datos elementales sin normalizar				Datos de óxidos sin normalizar			
Elemento	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**	**Óxido**	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**
Si	15,91%	± 0,0554	0,0023	SiO2	49,03%	± 0,0767	0,0064
Fe	11,83%	± 0,0262	0,0024	Al2O3	26,95%	± 0,0358	0,0259
Al	8,17%	± 0,0218	0,0101	Fe2O3	10,16%	± 0,0155	0,0020
K	1,44%	± 0,0115	0,0027	K2O	1,70%	± 0,0107	0,0025
Ti	0,96%	± 0,0137	0,0056	TiO2	1,32%	± 0,00952	0,0052
Ba	0,28%	± 0,0282	0,0253	CaO	0,28%	± 0,00484	0,0026
Ca	0,23%	± 0,00621	0,0022	P2O3	0,21%	± 0,00469	0,0000
Otros		61,18%		BaO	0,16%	± 0,0141	0,0139
				Na2O	0,12%	± 0,0215	0,0201
				%LOI		14,30%	

7.1.2. Arcilla Cascajo (CA)

Datos elementales sin normalizar				Datos de óxidos sin normalizar			
Elemento	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**	**Óxido**	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**
Si	15,27%	± 0,0538	0,0024	SiO2	49,09%	± 0,0773	0,0064
Fe	8,91%	± 0,0219	0,0096	Al2O3	31,00%	± 0,0376	0,0258
Al	8,86%	± 0,0226	0,0024	Fe2O3	7,45%	± 0,0130	0,0019
K	1,81%	± 0,0127	0,0025	K2O	2,18%	± 0,0123	0,0027
Ti	0,74%	± 0,0121	0,0052	TiO2	1,03%	± 0,00871	0,0048
Ba	0,28%	± 0,0286	0,0257	BaO	0,16%	± 0,00141	0,0139
Otros		64,13%		P2O3	0,13%	± 0,00379	0,0003
				Na2O	0,12%	± 0,0207	0,0194
				%LOI		12,30%	

7.1.3. Arcilla Amarilla (TA)

Datos elementales sin normalizar				Datos de óxidos sin normalizar			
Elemento	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**	**Óxido**	**Concentración (%)**	**Error estadístico**	**Límite de detección (%)**
Si	16,49%	± 0,0563	0,0024	SiO2	51,07%	± 0,0781	0,0064
Fe	11,45%	± 0,0257	0,0096	Al2O3	26,46%	± 0,0355	0,0256
Al	7,81%	± 0,0213	0,0024	Fe2O3	9,82%	± 0,0151	0,0020
K	1,28%	± 0,0109	0,0025	K2O	1,53%	± 0,0102	0,0026
Ti	1,12%	± 0,0144	0,0052	TiO2	1,47%	± 0,00984	0,0063
Ba	0,28%	± 0,0279	0,0257	ZrO2	0,18%	± 0,00158	0,0017
Zr	0,26%	± 0,00520	0,0041	P2O3	0,18%	± 0,00439	0,0025
Otros		61,31%		BaO	0,15%	± 0,0141	0,0141
				Na2O	0,10%	± 0,0210	0,0202
				%LOI		13,43%	

7.2. Conclusiones parciales FRX

- Alto contenido de Al2O3 en la arcilla CA (31%), material que aporta refractariedad a las pastas cerámicas.
- Mayor presencia de Fe2O3 en la arcilla AF y TA, material que contribuye en la coloración de las arcillas.
- La presencia de elemental o de óxidos no es una conclusión definitiva de los compuestos que realmente aportan a las propiedades físico-químicas del material.

- La clasificación de limos de las arcillas AF y CA como limos, predomina sobre su contenido químico, por tal razón, es posible empezar a verificar estos materiales como de alta absorción hídrica y baja trabajabilidad manual.
- El porcentaje de LOI, altos en todas las arcillas, puede obedecer a, Agua o materia orgánica, para determinar la presencia e importancia de estas se hace necesario el desarrollo de pruebas de TGA/DSC.
- La materia orgánica en las arcillas actúa como un coloide y puede elevar el límite liquido al absorber agua por absorción superficial, ocasionando una posible "falsa plasticidad" lo que puede explicar por qué las arcillas AF y CA tienen limites líquidos altos, pero se clasifican como limos y no como arcillas puras. Además, la quema de materia orgánica aumenta la porosidad de la cerámica y puede producir el defecto conocido como "corazón negro".

Posibles Aplicaciones: Posibilidades de aplicación de la arcilla CA como materiales refractarios. Por su baja trabajabilidad manual en las arcillas AF y CA, se pueden utilizar en procesos de transformación por compactación.

8. Análisis mineralógico por DRX

8.1. Resultados. El análisis se desarrolló por identificación de fases por BULK (muestra total), que se refiere al análisis de la muestra tal cual fue recolectada, sin separar mecánicamente sus fracciones como arena, limo y arcilla. Además de identificación de fases con separación por decantación normal y etilenglicol.

8.1.1. Arcilla Fina (AF)

	PDF No	Nombre	Formula química
			BULK
Cristalino	PDF 01-083-2465	Cuarzo	SiO2
	PDF 01-071-1166	Anatasa	TiO2
	PDF 01-083-1895	Microclina	(K0.96Na0.04) (AlSi3O8)
			Arcillas
	PDF 01-078-1996	Caolinita 1A	Al2 (Si2O5(OH)4)
	PDF 01-076-8333	Moscovita 2M1	(K0.84Na0.13Ba0.01) (Al1.87Fe0.15Mg0.05Ti0.04) ((Si2.97Al1.03)(OH)1.77F0.04)

8.1.2. Arcilla Cascajo (CA)

	PDF No	Nombre	Formula química
			BULK
	PDF 01-079-1910	Cuarzo	SiO2
	PDF 01-071-1166	Anatasa	TiO2
Cristalino			**Arcillas**
	PDF 01-078-1996	Caolinita 1A	Al2 (Si2O5(OH)4)
	PDF 01-084-1302	Moscovita 2M1	(K(Al2.9Si3.5O10)(OH)2)

8.1.3. Arcilla Amarila (TA)

	PDF No	Nombre	Formula química
			BULK
	PDF 01-079-1910	Cuarzo	SiO2
	PDF 01-071-1166	Anatasa	TiO2
	PDF 01-079-5860	Rutilo	TiO2
Cristalino			**Arcillas**
	PDF 01-078-1996	Caolinita 1A	Al2 (Si2O5(OH)4)
	PDF 01-089-6216	Moscovita 2M1	(K0.727Na0.170Ca0.011) (Al0.933Fe0.016Mg0.011)2 (Si0.782Al0.221Ti0.005)4 O10(OH)2

8.2. Conclusiones DRX

- Fases contenidas en la fracción no arcillosa (BULK): Cuarzo (SiO2), Anatasa (TiO2), Microclina (KAlSi3O8), Rutilo (TiO2)
- Fases contenidas en la fracción arcillosa: Caolinita 1A, Moscovita 2M1.
- Cuarzo, provee estructura y estabilidad dimensional. Anatasa es una fase accesoria que afecta el color con tonos blancos. Microclina es un feldespato potásico, actúa como fundente moderado.
- Caolinita es un mineral arcilloso. Moscovita es un filosilicato laminar, explica por qué la muestra (AF) se comporta un limo elástico, las láminas de moscovita tienen una gran elasticidad intrínseca; bajo carga se deforman y al retirarla tienden a recuperar su forma, lo que genera el comportamiento elástico en el ensayo de plasticidad.

Arcilla Fina (AF):
Características: Material de alta compresibilidad y notable elasticidad, Alta presencia de finos, requiere agregados para bloques sólidos. Fuertemente pigmentante (rojo) y con buena refractariedad. Mineralogía estable (caolinita) pero elástica (moscovita).
Aplicaciones: en la Industria Cerámica: La combinación de Caolinita y Moscovita facilita la fabricación de productos de gres o loza roja. La moscovita y la microclina actúan como fundentes, facilitando la vitrificación, mientras que la caolinita aporta la resistencia estructural. Como Materiales de Construcción: Debido a la Moscovita y su clasificación como MH, no se recomienda para elementos estructurales que soporten grandes cargas de compresión sin estabilización, ya que la elasticidad del mineral puede generar microfisuras. Sin embargo, es ideal para revoques elásticos que deban acompañar ligeros movimientos de la estructura sin agrietarse.

Arcilla Cascajo (CA):
Características: La Moscovita 2M1 es un hallazgo importante. La moscovita es una mica potásica cuya morfología laminar genera la elasticidad observada en los límites de Atterberg. Su presencia junto al alto hierro ($10.16%) la clasifica como una arcilla micácea-ferruginosa de gran potencial para acabados cerámicos. Caolinita 1A: Mineral dominante. Su alta concentración explica el $31.00 %de Alúmina en el FRX.
Aplicaciones: Industria Alfarera: La Arcilla CA es superior como base plástica debido a su mayor contenido de caolinita pura. La Arcilla AF es ideal para producir engobes o piezas con acabados micáceos específicos.

Arcilla Amarilla (TA):
Características: Es la única que presenta Rutilo además de Anatasa. Químicamente, es la muestra con mayor contenido de sílice ($51.07% SiO_2 en FRX) y su DRX refleja un esqueleto de cuarzo robusto. Esto explica su clasificación CL: es un material más balanceado, menos elástico y con mejor aptitud para la formación de piezas compactas
Aplicaciones: Es el material de construcción más estable. Su mineralogía (Caolinita + Cuarzo abundante) le transfiere propiedades importantes para para bloques y ladrillos estructurales, minimizando el riesgo de fisuración.

9. Determinación de potencial zeta y pH en sistemas arcillosos

Estos resultados corresponden a un resumen del informe técnico de determinación de potencial zeta y pH en sistemas arcillosos por el laboratorio de espectroscopia de la Universidad Industrial de Santander – Sede Guatiguará.

9.1. Formulas usadas

9.1.1. pH

El pH se basa en una medición potenciométrica de la actividad de los iones hidrógeno (H^+) presentes en la muestra. El electrodo de vidrio desarrolla un potencial eléctrico dependiente de la concentración efectiva de H^+, el cual se compara con el potencial de un electrodo de referencia. La diferencia de potencial entre ambos electrodos se relaciona con la actividad de los H^+ mediante la ecuación de Nernst:

$$E = E^0 - \frac{2.303\,RT}{F} log a_{H^+}$$

Donde:

- $\boldsymbol{E}$ = potencial medido, $\boldsymbol{E^0}$= potencial estándar,
- $\boldsymbol{R}$ = constante de los gases, $\boldsymbol{T}$= temperatura absoluta,
- $\boldsymbol{F}$ = constante de Faraday, $\boldsymbol{a_{H^+}}$= actividad de los iones hidrógeno.

Como:

$$pH = -log a_{H^+}$$

9.1.2. Potencial Zeta

La dispersión de luz electroforética (ELS) es una técnica que permite medir la movilidad electroforética de la fase dispersa en una suspensión, emulsión o coloide y a través de ella, cuantificar el potencial zeta.

Para la determinación del potencial zeta, el equipo mide la desviación Doppler causada por una partícula que es movida electroforéticamente. Un campo eléctrico es aplicado a través del par de electrodos de oro de la cubeta en la que se deposita previamente la muestra, esto da lugar a que las partículas cargadas sean atraídas hacia el electrodo de carga opuesta alcanzando una velocidad conocida como velocidad electroforética.

$$U = \mu E$$

Donde, U: Velocidad electroforética μ: movilidad electroforética [μm/s/V/cm o MU] E: campo eléctrico.

Con la desviación Doppler medida y las propiedades ópticas y geométricas del equipo, se determina la movilidad electroforética.

$$\mu = (\frac{\lambda o}{nsin\theta})(\frac{1}{E})\Delta v$$

Donde, λo: longitud de onda del láser; n: índice de refracción; θ: ángulo de detección de la luz dispersa; E: campo eléctrico; Δv: desviación de la frecuencia Doppler.

Finalmente, la aplicación de la aproximación de Smoluchowski y el valor de movilidad electroforética obtenido mediante la ecuación 3, permite calcular el potencial zeta (ζ).

$$\zeta = (\frac{\eta\mu}{\varepsilon})$$

Donde, η: viscosidad del fluido, ε: constante dieléctrica.

9.2. Resultados

9.2.1. pH

El equipo convierte automáticamente el potencial medido en unidades de pH. Los valores en la tabla corresponden al pH medido por triplicado en cada sistema agua/arcilla.

Nombre de la muestra	No. Medida	pH	pH promedio ± desviación estándar
Muestra TA	1	5,52	5,57 ± 0,05
	2	5,61	
	3	5,57	
Muestra CA	1	5,65	5,64 ± 0,02
	2	5,66	
	3	5,62	
Muestra AF	1	5,81	5,83 ± 0,02
	2	5,85	
	3	5,83	

Nota: pH medido en los sistemas arcilla/agua a 23,8°C.

En la siguiente tabla se reportan las medidas de pH realizadas a los sistemas arcilla/agua/silicato de sodio.

Nombre de la muestra	No. Medida	pH	pH promedio ± desviación estándar
Muestra TA 0,2% Silicato de sodio	1	10,43	10,42 ± 0,02
	2	10,43	
	3	10,40	
Muestra TA 0,4% Silicato de sodio	1	10,70	10,73 ± 0,03
	2	10,76	
	3	10,74	
Muestra TA 0,6% Silicato de sodio	1	10,89	10,88 ± 0,03
	2	10,91	
	3	10,85	
Muestra CA 0,2% Silicato de sodio	1	10,48	10,44 ± 0,04
	2	10,40	
	3	10,45	
Muestra CA 0,4% Silicato de sodio	1	10,61	10,60 ± 0,03
	2	10,57	
	3	10,63	
Muestra CA 0,6% Silicato de sodio	1	10,85	10,85 ± 0,02
	2	10,84	
	3	10,87	
Muestra AF 0,2%	1	10,43	10,45 ± 0,02

Silicato de sodio	2	10,47	
	3	10,45	
Muestra AF 0,4% Silicato de sodio	1	10,65	10,64 ± 0,03
	2	10,67	
	3	10,61	
Muestra AF 0,6% Silicato de sodio	1	10,86	10,89 ± 0,03
	2	10,90	
	3	10,92	

Nota: pH medido en los sistemas arcilla/agua/silicato de sodio, variando la concentración del silicato a 23,8°C.

9.2.2. Potencial zeta

Los valores reportados en la primera tabla corresponden al potencial zeta promedio medido para tres corridas en cada muestra. Cada corrida es el promedio entre 10 y 100 medidas.

En la segunda tabla se presentan de forma consolidada los valores promedio de pH y potencial zeta obtenidos para las muestras analizadas, con el fin de facilitar la comparación conjunta de los parámetros evaluados.

Nombre de la muestra	No. Medida	Potencial Zeta (mV)	Movilidad electroforética (µmcm/Vs)	pH promedio ± desviación estándar
Muestra TA 0% Silicato de sodio	1	-37,3	-2,928	-37,0 ± 0,95
	2	-35,9	-2,812	
	3	-37,7	-2,953	
Muestra TA 0,2% Silicato de sodio	1	-55,7	-4,366	-57,5 ± 1,67
	2	-59,0	-4,624	
	3	-57,8	-4,533	
Muestra TA 0,4% Silicato de sodio	1	-53,7	-4,209	-58,4 ± 4,47
	2	-58,8	-4,606	
	3	-62,6	-4,908	
Muestra TA 0,6% Silicato de sodio	1	-54,8	-4,297	-56,8 ± 1,83
	2	-57,2	-4,481	
	3	-58,4	-4,577	
Muestra CA 0% Silicato de sodio	1	-34,2	-2,680	-35,0 ± 1,14
	2	-34,5	-2,704	
	3	-36,3	-2,849	
Muestra CA 0,2% Silicato de sodio	1	-56,0	-4,389	-60,4 ± 3,96
	2	-63,6	-4,986	
	3	-61,7	-4,837	
Muestra CA 0,4% Silicato de sodio	1	-61,1	-4,792	-60,5 ± 1,46
	2	-58,8	-4,607	
	3	-61,5	-4,820	
Muestra CA 0,6% Silicato de sodio	1	-58,9	-4,615	-64,1 ± 5,64
	2	-63,4	-4,972	
	3	-70,1	-5,494	
Muestra AF 0% Silicato de sodio	1	-39,0	-3,054	-39,6 ± 1,16
	2	-38,8	-3,039	

	3	-40,9	-3,209	
Muestra AF 0,2% Silicato de sodio	1	-56,6	-4,439	-57,8 ± 3,75
	2	-54,8	-4,295	
	3	-62,0	-4,860	
Muestra AF 0,4% Silicato de sodio	1	-53,4	-4,186	-55,7 ± 2,25
	2	-55,9	-4,378	
	3	-57,9	-4,539	
Muestra AF 0,6% Silicato de sodio	1	-53,8	-4,214	-57,6 ± 3,50
	2	-58,3	-4,569	
	3	-60,7	-4,757	

Nota: Potencial zeta aparente medido para las muestras a 23,8°C.

9.3. Conclusiones

Para la arcilla amarilla (TA) la concentración adecuada de desfloculante (silicato de sodio) para la creación de la pasta cerámica de barbotina es de 4%, debido a que en esta concentración se presenta en potencial Zeta promedio más alto, siendo -58,4 mV; por otro lado para la arcilla cascajo (CA) la concentración adecuada de silicato de sodio para la barbotina es de 6%, siendo su potencial Zeta promedio más alto -64,1 mV, siendo la que mayor procentaje de desfloculante de las tres materias primas necesita; finalmente para la arcilla fina la concentración más adecuada de silicato de sodio es de 2%, con su potencial Zeta promedio más alto en -57,8 mV, siendo la que menor porcentaje de desfloculante necesita de las tres materias primas.

9.4. DRX Cuantificado

9.4.1. Arcilla Fina (AF)

	PDF No	Nombre	Formula química	Cuantitativo
Fase cristalina			**BULK**	
	PDF 01-083-2465	Cuarzo	SiO2	42,37%
	PDF 01-078-2486	Anatasa	TiO2	2,14%
			Arcillas	
	PDF 01-086-8542	Caolinita	Al2 (Si2O5(OH)4)	45,63%
	PDF 01-073-9857	Moscovita	Kai1.65Fe0.35Mn0.02 (Al0.7Si3.3010) (OH)1.78 F0.22	9,86%
	Se identifica la presencia de material interestratificado			N.C.

9.4.2. Arcilla Cascajo (CA)

	PDF No	Nombre	Formula química	Cuantitativo
Fase cristalina			**BULK**	
	PDF 01-083-2465	Cuarzo	SiO2	19,47%
	PDF 01-071-5088	Hematita	Fe2O3	2,35%
	PDF 01-078-2486	Anatasa	TiO2	1,00%
			Arcillas	
	PDF 01-074-1784	Caolinita	Al2 (Si2O5(OH)4)	63,99%
	PDF 01-073-9857	Moscovita	Kai1.65Fe0.35Mn0.02 (Al0.7Si3.3010) (OH)1.78 F0.22	13.18%
	Se identifica la presencia de material interestratificado			N.C.

9.4.3. Arcilla Amarilla (TA)

	PDF No	Nombre	Formula química	Cuantitativo
Fase cristalina			**BULK**	
	PDF 01-083-2465	Cuarzo	SiO2	54,77%
	PDF 01-070-0714	Lepidocrocita	FeO (OH)	6,21%
	PDF 01-078-2486	Anatasa	TiO2	2,00%
	PDF 01-070-7347	Rutilo	TiO2	1,35%
			Arcillas	
	PDF 01-086-8542	Caolinita	Al2 (Si2O5(OH)4)	28,36%
	PDF 01-073-9857	Moscovita	Kai1.65Fe0.35Mn0.02 (Al0.7Si3.3010) (OH)1.78 F0.22	7,31%

Propiedad	Arcilla AF	Arcilla CA	Arcilla TA	Implicaciones Tecnicas
Plasticidad	Limo de alta plasticidad	Limo de alta plasticidad	Arcilla de baja plasticidad	- LL Limite liquido: El Límite Líquido representa el contenido de agua en el cual la arcilla pasa de un estado plástico a un estado semilíquido (Colado) - LP Limite plástico: Es el contenido de agua mínimo necesario para que el material sea deformable sin agrietarse (torneado-modelado manual)
Limite liquido	60	64	38	
Limite Plastico	38	37	23	
Indice de plasticidad	22	27	15	- IP Índice de plasticidad. rango de humedad en el que el material se mantiene plástico. (IP < 7% material es poco plástico. IP 7% -15% fabricación de ladrillos y tejas por extrusión o prensa. IP > 15% aglutinante pero problemática si se usa sola.) - Arcillas AF y CA (Limo elástico de alta compresibilidad o limo orgánico), suelos arenoso plástico, que tiene un alto porcentaje de arena, no presentan alta cohesión entre sus partículas. presentan una buena capacidad de retracción controlada, que permite su uso en la técnica de la **"tapia pisada**". las cuales evitaran grietas en la tapia - Arcilla TA (Arcilla de baja plasticidad). facilitaría el desmolde asegura que no se agrietará masivamente al secarse, pero mantiene la cohesión suficiente para mantener la forma y se puede utilizar en **alfarería estructural o cerámicas**, sin embargo, se podría mejorar su baja resistencia de mecánica en el secado mediante mezclas con otras arcillas.
Granulometria sedimentacion (% Tamaño < 2 micras)	44%	82%	45%	
Valor de actividad (A). (Skempton=Indice plasticidad/contenido particulas finas)	0.50	0.33	0.33	- Un material se considera inactivo cuando su valor de actividad (A) está por debajo de 0.75, las muestras se catalogarían como material inactivo, lo que implica que no sufren hinchamientos brucos al humedecerse o contracciones al secado, favoreciendo la disminución de grietas. - Ninguna de las tres arcillas es un material ideal por si solo, posiblemente hay que mezclar entre ellas. - Arcilla TA. Es estable, buena plasticidad y un tamaño de partícula que facilita procesos de transformación. - La alta plasticidad de CA y AF es posiblemente engañosa por que pueden representar alta cantidad de limos plásticos es decir una arena fina con poca cohesión - Arcilla AF útil como material **para revoques o morteros (pañetes),** Arcilla TA, Aplicaciones en **cerámica y alfarería**.
FRX				- Arcilla CA. Mayor contenido de Al2O3 material que aporta **refractariedad** a las pastas cerámicas - Arcilla AF y TA. Mayor presencia de Fe2O3, material que contribuye en la **coloración** de las arcillas - Porcentaje de LOI, Altos en todas las arcillas, puede obedecer a: Agua o materia orgánica, para determinar la presencia e importancia de estas se hace necesario el desarrollo de pruebas de TGA/DSC. - La materia orgánica en las arcillas actúa como un coloide y puede elevar el límite liquido al absorber agua por absorción superficial, ocasionando una posible "falsa plasticidad" lo que puede explicar por qué las arcillas AF y CA tienen limites líquidos altos, pero se clasifican como limos y no como arcillas puras. Además, la quema de materia orgánica aumenta la porosidad de la cerámica y puede producir el defecto conocido como "corazón negro"
SiO_2	49.03 %	49.09 %	51.07 %	
Al_2O_3	26.95 %	**31.00 %**	26.46 %	
Fe_2O_3	**10.16 %**	7.45 %	**9.82 %**	
K_2O	1.70 %	2.18 %	1.53 %	
LOI	14.30 %	12.30 %	12.43 %	
DRX Fase cristalina (Cuantificado)				**Arcilla AF**: Material de alta compresibilidad y notable elasticidad, Alta presencia de finos, requiere agregados para **bloques sólidos**. Fuerte pigmentante (rojo) y con buena refractariedad. Mineralogía estable (caolinita) pero elástica (moscovita). - Nivel de K2O es muy bajo, por lo que la Microclina es despreciable, el K2O lo absorbe la moscovita. Situación similar pasa con el Fe2O3, Hierro atrapado en la moscovita, posible afectación en la capacidad fundente y la vitrificación de la pasta. - Caolinita rica en alúmina. - Alto contenido de SiO2 y cuarzo, proporciona mayor estabilidad en la contracción en el secado. - Mineralogía 1:1 Matriz de caolinita (46%) y estructura cuarzo (42%). Relación Cuarzo/Arcilla: 0.93 Equilibrada. - Buen comportamiento para **revoques y acabados arquitectónicos** que aprovechen su elasticidad micácea. - Aplicaciones: en la Industria Cerámica: La combinación de Caolinita y Moscovita facilita la fabricación de productos de
Cuarzo (No arcillosos) SiO_2	42.37 %	19.47 %	54.77 %	
Anatasa (No arcillosos) TiO2	2.14 %	1.00 %	2.00 %	
Hematita (No arcillosos) Fe2O3	---	2.35 %	---	
Lepidocrocita (No arcillosos) Fe2O3	---	---	6.21 %	
Rutilo (No arcillosos) TiO2	---	---	1.35 %	
Caolinita (Arcillas) Al2Si2O5(OH)4	45.63 %	63.99 %	28.36 %	
Moscovita (Arcillas) KAl1.65Fe0.35Mn0.02 (Al0.7Si3.3O10)(OH)1.78F0.22	9.86 %	13.18 %	7.31 %	
Material Interestratificado (presente pero no cuantificado NC)	N.C	N.C	---	

gres o loza roja. Es ideal para revoques elásticos que deban acompañar ligeros movimientos de la estructura sin agrietarse. Para **adobes y bloques** es preferible por el contenido de cuarzo que aporta estabilidad ante la contracción, sin embargo, hay que mezclarla con arena gruesa para evitar la deformación por la presencia de elásticos en la moscovita.

Arcilla CA: Material más rico en arcilla. La moscovita es una mica potásica cuya morfología laminar genera la elasticidad observada en los límites de Atterberg. Su presencia junto al óxido de hierro (Hematita) la clasifica como una arcilla micácea-ferruginosa de gran potencial para **acabados cerámicos.**
Caolinita: Mineral dominante. Su alta concentración explica el $31.00 % de Alúmina en el FRX. Relación Cuarzo/Arcilla: 0.30 Arcillosa

- Aplicaciones: **Industria Alfarera**, La Arcilla CA es superior como base plástica debido a su mayor contenido de caolinita pura.
- Hierro libre en fase hematita, posibilidad de mayor intensidad en la coloración roja **(engobes).**
- Para **cerámica de precisión** (técnica) es superior, debido a sus altos contenidos de caolinita (cohesión).
- Hierro libre como hematita potencial para **cerámica roja** de buena pigmentación y buenas posibilidades vitrificantes.
- Elevado Limite Liquido, justificado en parte por la alta cantidad de moscovita. indica una alta capacidad de retención de agua y por ende, una mayor actividad e inestabilidad volumétrica. excelente **como aglutinante para mezclar con otros materiales menos plásticos**, pero usarla pura afecta drásticamente la estabilidad dimensional.
- Las láminas de Mica ayudan a la expansión en las arcillas, La arcilla CA por tener mayor contenido de moscovita, genera una estructura que contienen mucha agua.
- La Hematita en CA, como oxido es ideal para la **quema de color rojo.**
- Superior comportamiento **para alfarería y pastas plásticas** por su carga de caolinita

- **Arcilla TA:** Características: Es la única que presenta Rutilo además de Anatasa. Químicamente, es la muestra con mayor contenido de sílice (51.07 % SiO2 en FRX) y su DRX refleja un esqueleto de cuarzo robusto. Esto explica su clasificación CL: es un material más balanceado, menos elástico y con mejor aptitud para la formación de piezas compactas
- Alto contenido de SiO2 y cuarzo, proporciona mayor estabilidad en la contracción en el secado.
  Mayor contenido de cuarzo, explica por qué es arcilla de baja plasticidad.
- Lepidocrocita ayuda a comprender pigmentación y comportamiento fundente. La Lepidocrocita al ser un oxihidroxido, durante la cocción liberara agua estructural, que se debe considerar en el control de la quema para no aumentar la porosidad.
- Baja proporción de Caolinita, tierra apta para hacer **(BTC), Bloques de tierra comprimida.**
  Excelente comportamiento para la construcción estructural **(bloques y ladrillos)** por el alto cuarzo
- Relación Cuarzo/Arcilla: 1.93 Silicea.
  Aplicaciones: Es el material de construcción más estable. Su mineralogía (Caolinita + Cuarzo abundante) le transfiere propiedades importantes para para **bloques y ladrillos estructurales**, minimizando el riesgo de fisuración. La moscovita, funcionará como un fundente natural. A diferencia del cuarzo (que es inerte), la moscovita ayudará a que las partículas de arcilla se unan mejor durante la cocción entre 1050°Cy 1150°C.

- Las tres arcillas tienen caolinita en su fase principal y validan índices de actividad (A) bajos <0.50, materiales seguros para **construcción** ya que no presentan hinchamiento importante con el agua.

- TA (Estabilizante natural). Por su alto contenido de sílice, Útil para hacer **bloques de BTC**, soporta compresiones elevadas.
- CA (Potente aglutinante). Se considera como un concentrado de arcilla, ideal para fabricar **baldosas cerámicas prensadas** donde se requiera alta densidad.
- AF (Material elástico para acabados). Por su balance entre cuarzo y caolinita más elasticidad micacea, ideal **revoques**, **estucos de tierra**, la moscovita ayuda a reducir las grietas en el secado.

Ficha técnica arcilla fina (AF)

CLASIFICACIÓN Y PLASTICIDAD			
Clasificación USCS	Grupo de suelo (Carta de Casagrande)	–	**MH / OH-limo elástico de alta compresibilidad / limo orgánico**
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	%	**60**
	Límite plástico (LP)	%	**38**
	Índice de plasticidad (IP)	%	**22**
ANÁLISIS QUÍMICO (FRX)			
Óxidos principales	SiO2	%Masa	**49.03**
	Al2O3	%Masa	**26.95**
	Fe2O3	%Masa	**10.16**
	K2O	%Masa	**1.70**
	Pérdida por ignición (LOI)	%Masa	**14.30**
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (DRX cuantificado)			
Fase no arcillosa	Cuarzo (SiO2)	%	**42.37**
	Anatasa (TiO2)	%	**2.14**
Fase arcillosa	Caolinita (Al2Si2O5(OH)4)	%	**45.63**
	Moscovita	%	**9.86**
ANÁLISIS DE PARTÍCULAS			
Granulometría (sedimentación)	Fracción arcillosa (tamaño < 2 μm)	%	**44**
	Valor de actividad (A)- método Skempton	—	**0.50 (material inactivo)**
PORCENTAJE DE DESFLOCULANTE REQUERIDO			
Promedio de ensayos	Porcentaje de silicato de sodio en la pasta	%	**2**
	Ph promedio de la pasta	pH	**10,45**
	Potencial Zeta promedio	mV	**-57,8**
PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Probeta de ensayo	Porosidad aparente (P)	%	**25.2**
	Absorción de agua (A)	%	**14.2**
	Densidad aparente (B)	g/cm³	**1.78**
	Gravedad específica aparente (T)	—	**2.38**
PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM C674)			
Promedio de ensayos	Resistencia mecánica por compresión	Mpa	**13.32**
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de ensayos	Contracción por secado (Sd)	%	**12.02**
	Contracción lineal total (St)	%	**14.47**
COLOR EN QUEMA (NOTACIÓN MUNSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz Valor/Croma)	—	**5YR 4/8**
	Nombre de color aproximado	—	**Rojo amarillento (yellowish red)**

APLICACIONES

- Industria cerámica: la combinación caolinita-moscovita facilita la fabricación de gres o loza roja; fuerte poder pigmentante (rojo) y buena refractariedad.
- Revoques y acabados arquitectónicos (estucos de tierra) que aprovechan su elasticidad micácea y reducen el riesgo de fisuras en el secado.
- Morteros y pañetes de revoque.
- En adobes y bloques debe mezclarse con arena gruesa, para compensar la deformación que introduce la moscovita.
- No se recomienda sin estabilización para elementos estructurales de carga por su clasificación MH.

Ficha técnica cascajo (CA)

CLASIFICACIÓN Y PLASTICIDAD			
Clasificación USCS	Grupo de suelo (Carta de Casagrande)	—	**MH / OH-limo elástico de alta compresibilidad / limo orgánico**
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	%	**64**
	Límite plástico (LP)	%	**37**
	Índice de plasticidad (IP)	%	**27**
ANÁLISIS QUÍMICO (FRX)			
Óxidos principales	SiO2	%Masa	**49.09**
	Al2O3	%Masa	**31.00**
	Fe2O3	%Masa	**7.45**
	K2O	%Masa	**2.18**
	Pérdida por ignición (LOI)	%Masa	**12.30**
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (DRX cuantificado)			
Fase no arcillosa	Cuarzo (SiO2)	%	**19.47**
	Anatasa (TiO2)	%	**1.00**
	Hematita (Fe2O3)	%	**2.35**
Fase arcillosa	Caolinita (Al2Si2O5(OH)4)	%	**63.99**
	Moscovita	%	**13.18**
ANÁLISIS DE PARTÍCULAS			
Granulometría (sedimentación)	Fracción arcillosa (tamaño < 2 µm)	%	**82**
	Valor de actividad (A) - método Skempton	—	**0.33 (material inactivo)**
PORCENTAJE DE DESFLOCULANTE REQUERIDO			
Promedio de ensayos	Porcentaje de silicato de sodio en la pasta	%	**6**
	Ph promedio de la pasta	pH	**10,85**
	Potencial Zeta promedio	mV	**-64,1**
PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Promedio de ensayos	Porosidad aparente (P)	%	**24.4**
	Absorción de agua (A)	%	**13.6**
	Densidad aparente (B)	g/cm³	**1.79**
	Gravedad específica aparente (T)	—	**2.38**
PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM C674)			
Promedio de ensayos	Resistencia mecánica por compresión	Mpa	**17.31**
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de ensayos	Contracción por secado (Sd)	%	**14.7**
	Contracción lineal total (St)	%	**17.65**
COLOR EN QUEMA (NOTACION MUSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz Valor/Croma)	—	**7.5YR 6/3**
	Nombre de color aproximado	—	**Pardo grisáceo (grayish brown)**

APLICACIONES

- Material más rico en arcilla del grupo (mayor % de caolinita pura): base plástica superior para alfarería (torno, moldeo).
- Cerámica de precisión (técnica), por su cohesión y bajo contenido de cuarzo relativo.
- Potente aglutinante-concentrado de arcilla ideal para baldosas cerámicas prensadas de alta densidad.
- Hierro libre en fase hematita: buena pigmentación roja y posibilidades vitrificantes para engobes.
- Posible uso como material refractario; su alto Al2O3 (31%) aporta refractariedad a la pasta.
- Al ser un limo elástico de baja trabajabilidad manual, se recomienda para procesos de transformación por compactación.

Ficha técnica arcilla amarilla (TA)

CLASIFICACIÓN Y PLASTICIDAD			
Clasificación USCS	Grupo de suelo (Carta de Casagrande)	—	**CL-arcilla de baja plasticidad (límite limo/arcilla)**
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	%	**38**
	Límite plástico (LP)	%	**23**
	Índice de plasticidad (IP)	%	**15**
ANÁLISIS QUÍMICO (FRX)			
Óxidos principales	SiO2	%Masa	**51.07**
	Al2O3	%Masa	**26.46**
	Fe2O3	%Masa	**9.82**
	K2O	%Masa	**1.53**
	Pérdida por ignición (LOI)	%Masa	**12.43**
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (DRX cuantificado)			
Fase no arcillosa	Cuarzo (SiO2)	%	**54.77**
	Anatasa (TiO2)	%	**2.00**
	Lepidocrocita (Fe2O3)	%	**6.21**
	Rutilo (TiO2)	%	**1.35**
Fase arcillosa	Caolinita (Al2Si2O5(OH)4)	%	**28.36**
	Moscovita	%	**7.31**
ANÁLISIS DE PARTÍCULAS			
Granulometría (sedimentación)	Fracción arcillosa (tamaño < 2 μm)	%	**45**
	Valor de actividad (A)-método Skempton	—	**0.33 (material inactivo)**
PORCENTAJE DE DESFLOCULANTE REQUERIDO			
Promedio de ensayos	Porcentaje de silicato de sodio en la pasta	%	**4**
	Ph promedio de la pasta	pH	**10,73**
	Potencial Zeta promedio	mV	**-58,4**
PROPIEDADES FÍSICAS (ASTM C20)			
Probeta de ensayo	Porosidad aparente (P)	%	**33.6**
	Absorción de agua (A)	%	**19.7**
	Densidad volumétrica (B)	g/cm³	**1.70**
	Gravedad específica aparente (T)	—	**2.57**
PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM C674)			
Promedio de ensayos	Resistencia mecánica por compresión	Mpa	**2.98**
CONTRACCIÓN LINEAL (ASTM C326)			
Promedio de ensayos	Contracción por secado (Sd)	%	**9.8**
	Contracción lineal total (St)	%	**11.52**
COLOR EN QUEMA (NOTACIÓN MUNSELL)			
Registro fotográfico	Notación Munsell (Matiz Valor/Croma)	—	**5YR 5/8**
	Nombre de color aproximado	—	**Rojo amarillento (yellowish red)**

APLICACIONES RECOMENDADAS

- El material de construcción más estable del grupo: bloques y ladrillos estructurales, adobe y tapia pisada (BTC), gracias a su esqueleto de cuarzo abundante (55%) que minimiza el riesgo de fisuración.
- Estabilizante natural por su alto contenido de sílice; soporta compresiones elevadas.
- Facilita el desmolde y no se agrieta masivamente al secar, manteniendo cohesión suficiente para conservar la forma.
- Alfarería estructural o cerámica y procesos de extrusión.
- Su baja resistencia mecánica en secado puede mejorarse mezclándola con las otras dos arcillas.