



PRODUCCIONES CIENTÍFICAS. Sección: Ciencias de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología.

Estudio de propiedades físicas y químicas de materias primas destinadas a la elaboración de productos estructurales.

Autores: *Antequera, T.*; Tolabín, E.**; Camacho, M.*; Gareca, A.*; Ugarte, A.*.*

Dirección: tolabín@cootepal.com.ar

* Facultad de Ingeniería – U. N. de Jujuy

** Instituto de Tecnología-CNEA-UNSAM - Facultad de Ingeniería, U. N. de Jujuy.

Introducción:

Existen pocos antecedentes referidos al tema en cuestión, salvo los citados en el desarrollo del presente trabajo y que corresponden a los estudios realizados por Camacho et al.

La materia prima que se utiliza para la confección de los ladrillos destinados a la construcción muestran un predominio de la fracción limo, seguido por arena y en menor porcentaje arcilla, en otros casos poseen porcentajes mayores de arena fina. Esta materia prima fue utilizada para la caracterización de las propiedades en cuestión y está constituida principalmente por suelo limo-arenosos, muy orgánicos obtenidos de la explotación de la capa superior orgánica de la terraza denominada “Alto Padilla” según lo estudiado por Camacho et al., 2000.

Para el desarrollo del trabajo, con el material obtenido de estos depósitos se conformaron probetas mediante procesos de prensado y extrudado, las que posteriormente fueron cocidas a distintas temperaturas y sometidas a ensayos físicos y mecánicos para obtener el valor de las distintas propiedades.

Desarrollo experimental:

De los depósitos estudiados se extrajeron muestras para su estudio y ensayo a fin de establecer sus propiedades características. Las muestras consideradas son R1, R2 y R5, pertenecientes a la terraza de Alto Padilla.

Los análisis químicos de óxidos mayores, menores y trazas se realizaron por fluorescencia de rayos X, los valores promedio obtenidos se observan en Tabla 1.

Tabla 1. Composición química (% en peso).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
%	58,83	13,38	0,66	5,27	0,05	2,30	3,73	0,57	2,54	0,27

Los análisis granulométricos llevados a cabo revelan un predominio de la fracción limo, seguido por arena y en menor % arcillas en la muestra R5, las restantes poseen mayor porcentaje de arena fina.

Tabla 2. Distribución granulométrica.

% de la Fracción	R1	R2	R5
Arena gruesa	0,62	2,40	0,94
Arena mediana	16,82	19,28	10,47
Arena fina	42,61	38,68	33,75
Limo	34,15	35,59	51,61
Arcilla	5,80	4,05	3,23

El análisis mineralógico se realizó mediante difracción de rayos X, los componentes mineralógicos encontrados son los que se indican en la siguiente Tabla y Figura 1.

Tabla 3. Componentes mineralógicos.

Muestra	Fracción no arcillosa	Fracción arcillosa	
		Mineral Principal	Otros minerales
R1	Q, F,	I	P
R2	Q,H	I	K, Cl, M
R5	Q,F, H	-	Sm, P

Q(cuarzo); F(feldespato); H(millita); P(plagioclasa); H(hematina); K(calinita); Cl(clorita); M(montmorillonita; Sm(esmectitas)

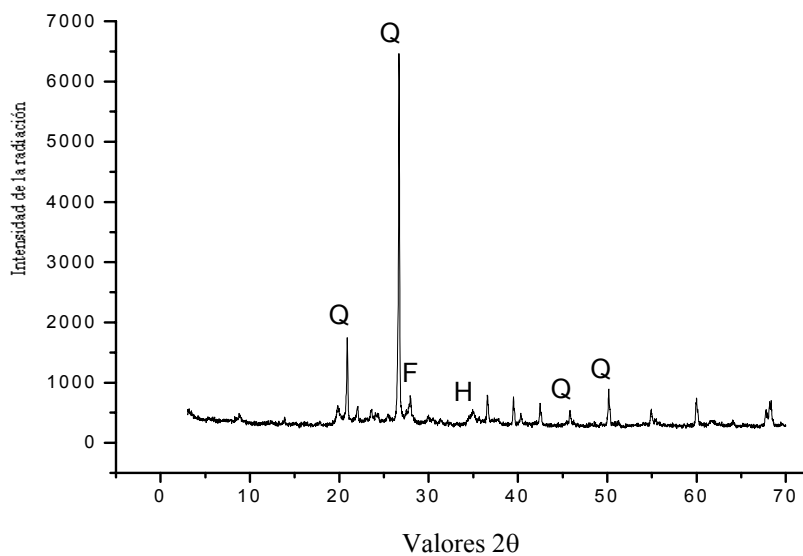


Fig. 1. Diffractograma R5.

Índice de Plasticidad:

El índice de plasticidad fue calculado mediante el método de Atterberg, y según normas IRAM 10.501-10.502, los resultados obtenidos son los que figuran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Índice de plasticidad.

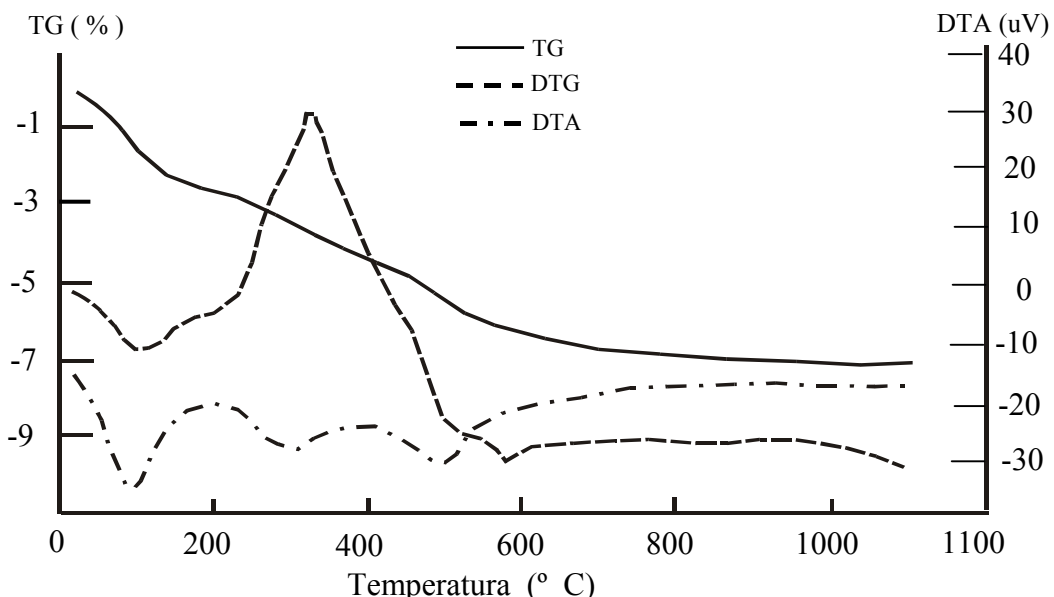
Muestra	Determinación		
	LL	LP	IP
R1	34,15	17,60	16,55
R2	46,65	18,55	27,1
R5	33,13	19,83	13,30

Análisis Térmico Diferencial (Fig. 2):

En el análisis térmico fue realizado sobre la muestra R5 y se observa:

- Un primer pico endotérmico correspondiente a la pérdida de agua adsorbida por la muestra arcillosa.
- Un segundo pico endotérmico que podría corresponder a la pérdida de agua del componente montmorillonítico.
- Entre 200 y 500 °C se produce un pico exotérmico bien definido (328 °C) correspondiente a la oxidación del material orgánico.
- El pico endotérmico que se observa a los 583,3 °C, corresponde a la inversión del cuarzo.
- A partir del punto anterior parece no registrarse otra actividad térmica.

Fig. 2. Análisis térmico diferencial R5



Propiedades en crudo de probetas:

Se confeccionaron probetas utilizando el método de prensado en seco y extrusión.

Las propiedades consideradas fueron las siguientes:

Contracción en seco:

A medida que se desarrolla la operación de secado, el agua superficial eliminada se reemplaza por el agua proveniente del interior de la pieza. Debido a ello, las partículas se van acercando de manera que se produce una contracción que

inicialmente y cuando la humedad es aún suficientemente alta, es igual al volumen de agua eliminada (Tabla 5)

Tabla 5. Contracción en seco.

Muestra	Contracción (%) (muestra prensada)	Contracción (%) (muestra extrudada)
R1	0,10	-
R2	0,06	-
R5	0,045	12,94

Resistencia mecánica en seco:

La resistencia mecánica de las piezas en seco es baja en relación con el producto final (Tabla 6).

Tabla 6. Resistencia mecánica en seco

Muestra	MOR Kg/cm ² Probetas prensadas
R1	4,2
R2	13,12
R5	8,11

Propiedades en cocido

Las probetas fueron sometidas a cocción, las temperaturas consideradas fueron 1000 y 1100 °C y en algunos casos 800 y 900 °C.

Para la contracción lineal, los valores obtenidos se dan en la tabla siguiente:

Tabla 7. Contracción lineal.

Muestras	Prensadas (%)			Extrudadas (%)		
	800 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C
R1	0,60	0,82	0,35	-3,97	-	-
R2	0,46	0,34	-0,35	-4,40	-	-
R5	0,58	0,60	-0,40	-4,87	-0,93	-6,43

Absorción de agua – Porosidad:

La absorción de agua de un material cerámico cocido es un parámetro utilizado para medir la porosidad abierta y evaluar la “fundencia” del material. Además la porosidad de un material cerámico en muchas aplicaciones (refractarios, materiales de construcción), depende de una serie de factores tales como granulometría, tratamiento térmico.

La determinación de la porosidad y de la absorción de agua se llevó a cabo mediante la aplicación de los procedimientos indicados por normas IRAM 12510. Estos datos se consignan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Porosidad aparente y absorción de agua.

Muestra	Porosidad aparente			Absorción de agua (%)			Porosidad	
							Proceso de extrusión	
	900°C	1000°C	1100°C	900°C	1000°C	1100°C	1000°C	1100°C
R5	-	52	31	-	29	15	30,3	16,3
R1	33,15	25	31	18,98	14	15	-	-
R2	30,51	32	29	16,86	19	14	-	-

Los valores obtenidos de una muestra producida por ladrilleros de la zona son:

- Porosidad (%): 38,18
- Absorción de agua (%): 23,66

Porosidad por intrusión de mercurio (Fig. 3)

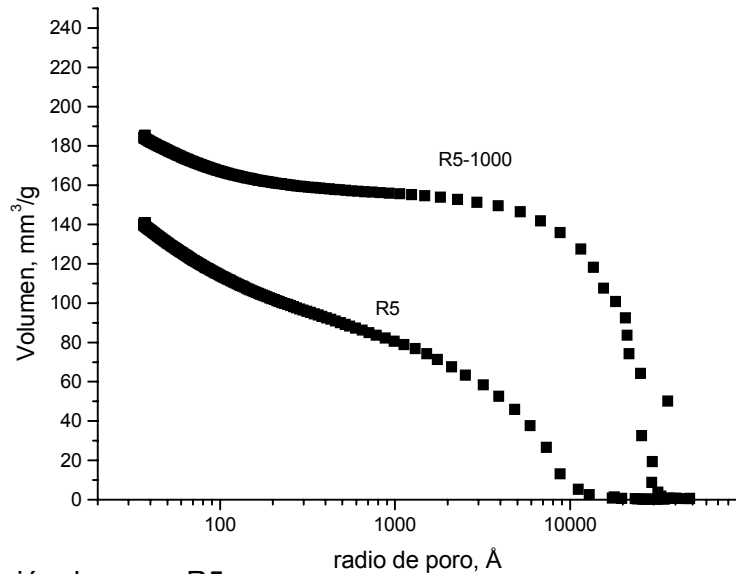


Fig. 3. Distribución de poros R5.

La muestra sometida a este ensayo fue la R5. En esta muestra se observa una distribución continua, aunque puede detectarse un comportamiento bimodal de los tamaños de poro. Los más grande tienen un tamaño medio cercano a $0,5 \mu\text{m}$, teniendo un porcentaje importante de poros inferiores a $0,01 \mu\text{m}$.

El material cocido a 1000°C muestra un crecimiento notable del volumen total de poros. Este incremento es cercano al 30%. Por otra parte el tamaño de poros aumenta considerablemente siendo el mayor porcentaje de radio superior a $1 \mu\text{m}$ (aprox. 80%). En esta arcilla además de un fenómeno de coalescencia de poros y crecimiento de en tamaño, existe un fenómeno de inflado o “bloating” del material. Este fenómeno ocurre generalmente por oclusión de gases o el aire de los poros por la formación de vidrios semifundidos impermeables a los gases. El aumento de temperatura provoca el aumento de volumen de los gases ocluidos por masas semifundidas, generando poros de un tamaño mayor.

Resistencia mecánica a la flexión:

La resistencia mecánica a la flexión tanto en seco como en cocido se determino como resistencia a la flexión. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resistencia mecánica en cocido.

Muestra	MOR (Kg/cm ²)			MOR Probeta extrudada (Kg/cm ²)	
	900 °C	1000 °C	1100 °C	1000 °C	1100 °C
R5	-	32,24	129,95	85,4	234,1
R1	10,60	10,57	92,07	-	-
R2	14,11	9,67	97,97	-	-

Discusión:

Los depósitos considerados fueron los que actualmente se explotan para la producción de ladrillos destinados a la construcción. Dichos depósitos están ubicados en la terraza de Alto Padilla, en el oeste de la ciudad de San Salvador de Jujuy.

En la composición química se puede observar que el % de óxido de hierro es relativamente alto, lo que determina el tipo de cerámica obtenida (roja). El óxido de calcio contribuye a la formación de porosidad. Esta porosidad es importante en las propiedades aislantes los ladrillos.

El material utilizado corresponde al tipo de limos arenosos y en otros casos a arenas limosas, con poco porcentaje de fracción arcillosa.

La composición mineralógica revela alto contenido de materiales antiplásticos (Q, F, etc.). Se debe tener en cuenta que la fracción arcilla considerada en la distribución granulométrica puede contener también minerales desgrasantes.

Los valores de índices de plasticidad se deben al material orgánico, puesto que con el antiplástico propio de la materia prima es de esperar valores mas bajos.

El gran porcentaje de material orgánico se puede visualizar en el diagrama de ATD. La presencia de cuarzo se hace presente a través del pico endotérmico de inversión producido a los 583,3 °C.

Las propiedades en crudo consideradas tales como, contracción lineal, porosidad de agua, absorción y resistencia mecánica muestran que:

- La contracción en probetas prensadas es menor que en las extrudadas a las mismas temperaturas.
- La resistencia mecánica en crudo es baja, lo que dificulta el manipuleo de dichos materiales.

Considerando las propiedades en cocidos podemos decir lo siguiente:

- Se producen contracciones mayores en el material obtenido por extrusión considerando las mismas temperaturas.
- Los niveles de porosidad y absorción de agua están dentro de valores normales. La porosidad de las probetas extrudadas es

menor que las prensadas consideradas a las mismas temperaturas.

- La resistencia mecánica de las probetas extrudadas consideradas a las mismas temperaturas es mayor que la prensadas, lo que esta de acuerdo con su menor porosidad.

En principio se estima que se lograría un mejor beneficio tecnológico mediante el dimensionamiento de partículas de manera tal que sean mas finas y presenten mayor uniformidad.

También es necesario el uso de hornos con posibilidades de operar a mayores temperaturas y con una distribución térmica mas homogénea que en las actuales condiciones.

Es conveniente realizar estudios similares con materias primas de otros depósitos de materias primas, a fin de determinar las potencialidades de explotación.

Conclusiones:

- ❖ Si bien el contenido de CaO es relativamente bajo, es importante su contribución a la formación de poros.
- ❖ El análisis de difracción de rayos X permite detectar al contenido de antiplástico.
- ❖ Los valores de plasticidad obtenidos en los ensayos, indican que la materia utilizada posibilita un trabajabilidad adecuada dado que disminuye la generación de grietas
- ❖ La probetas prensadas en seco tienen baja contracción que es coherente con este tipo de proceso.
- ❖ La resistencia mecánica en seco presenta valores bajos lo que dificulta el manejo del material.
- ❖ En el caso de probetas cocidas, la contracción lineal es menor en el estado prensado que extrudado, considerando las mismas temperaturas.
- ❖ La porosidad obtenida en probetas es menor que la de los productos de que se elaboran en ladrilleras.
- ❖ Los valores de resistencia mecánica correspondientes a 1100 ° de cocción corresponden a los estándares (Reverte, P. 1979) de ladrillos macizos, mientras que los obtenidos a mas bajas temperaturas presentan valores bajos, fuera de dichos estándares.

Agradecimiento:

Al personal técnico y científico del CETMIC-CIC-U. N. de la Plata, por la colaboración en análisis de difracción de rayos X y ATD.

Bibliografía:

- Barba, A. et al. 1997. Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. Castellón. Instituto de Tecnología Cerámica. AICE. España.
- Mari, E. 1998. Los materiales cerámicos. Editorial Alsina. Argentina.
- Camacho, M. 1999. Los depósitos de arcillas y sus aplicaciones en la Quebrada de Humanhuaca, Valle de S. S. de Jujuy y Puna Jujeña. Actas del XIV Congreso Geológico Argentino. Actas II. Salta. Argentina.
- Reverte, P. 1979. Industria ladrillera. 3ra. Edición. Editorial Reverte. Argentina.
- Camacho, M. et al. Año 2000. Fabricación de ladrillos artesanales e impacto ambiental en el Valle de San Salvador de Jujuy. Actas Congreso Geológico de Bolivia. XIV Congreso Geológico de Bolivia.