

# Caracterización tecnológica de las materias primas Cerámicas de La Sagra (Toledo)

*Technological characterization of the ceramic raw materials of "La Sagra" (Toledo)*

A. Fernández Martínez (\*), C.J. Sánchez (\*), J. Parras (\*\*), y A. Acosta (\*)

(\*) Lab. Mineralogía Aplicada. Fac. Químicas. Univ. Castilla-La Mancha. Campus Univ.s/n. 13071-Ciudad Real.

(\*\*) Dp. Ingeniería Geológica y Minera. EUPA. Univ. Castilla-La Mancha. Pza.Manuel Meca,s/n. 13400-Almadén (Ciudad Real).

## ABSTRACT

*This work approaches the study and technological characterization of the clayey and not clayey raw materials, used in the ceramic brick industry in «La Sagra», Toledo province. In addition to the mineralogical and chemical characterization, they have been accomplished the corresponding technological tests have been accomplished and they have shown the quality of these raw materials.*

**Key words:** *Ceramics raw materials, La Sagra, brick, technological properties.*

*Geogaceta, 20 (3) (1996), 713-716*

*ISSN:0213683X*

## Introducción

La comarca de La Sagra, localizada al N de Toledo, constituye una de las zonas productoras de cerámica estructural más importante de la zona centro española.

Desde el punto de vista geológico este área corresponde a una extensa depresión (en torno a 10.000 Km<sup>2</sup>) de origen tectónico, formada tras la fracturación del zócalo durante la Orogenia Alpina. Los bordes de la depresión corresponden a los relieves del Sistema Central (NO), Cordillera Ibérica (NE) y Montes de Toledo (S).

Los materiales terciarios que constituyen el relleno de la cuenca descansan directamente sobre el basamento granítico-metamórfico en las zonas Norte, Sur y Oeste, o sobre depósitos cretácicos en el sector N-NE de dicha cuenca; con un espesor máximo en el depocentro de 4000 m de materiales, paleógenos a pliocenos (Junco y Calvo Sorando, 1987).

Según García Romero (1988) la mineralogía existente es muy diversa, constituida esencialmente por unas facies detríticas de borde con minerales heredados (cuarzo, feldespatos, ilita, caolinita, esmectita, etc) que pasan gradualmente a unas facies centrales de tipo evaporítico con minerales neoformados (palygorskita y sepiolita).

Este trabajo se ha centrado en el estudio de los aspectos cerámicos de las secuencias detríticas, de forma particular las materias primas empleadas en la fabricación de productos cerámicos.

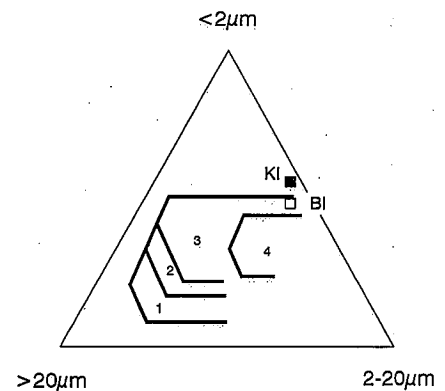
## Materiales y Métodos

Las muestras estudiadas corresponden al todo-uno de las secuencias muestreadas en vertical en dos áreas de explotación de arcillas cerámicas localizadas en los términos municipales de Yuncler de Tajo (muestra B-I) y Mocejón (muestra K-I).

Estas materias primas han sido sometidas a un tratamiento previo consistente en el secado, trituración y molienda. Posteriormente, se ha procedido a su caracterización mineralógica y química, así como al estudio de sus propiedades físico-químicas y ensayos de cocción. Se han utilizado dos materias primas complementarias (B-II y K-II) para modificar convenientemente algunas propiedades. Las siglas B y K se han utilizado para referirse a las mezclas de: 80% materia prima arcillosa B-I + 20% de B-II (muestra B) y 70% de materia prima K-I + 30% de K-II (muestra K).

La composición mineralógica, tanto de la fracción total como de la fracción menor de 2 micras, se ha determinado por Difracción de rayos X según el "método de los poderes reflectantes" (Martín Pozas, 1968). El análisis químico ha sido realizado por espectroscopía de absorción atómica, tras una disgregación de la muestra, determinándose la composición en porcentaje en peso de los óxidos mayoritarios.

La distribución granulométrica se ha determinado por tamizado en húmedo para las fracciones superiores a 250 micras; las fracciones inferiores se han determinado con un equipo Sedigraph 5100, siguiendo las reco-



**Fig. 1.- Diagrama de Winkler: 1) Ladrillo macizo. 2) Ladrillo hueco. 3) Tejas y placas. 4) Piezas de gran formato.**

**Fig. 1.- Winkler's diagram: 1) Solid brick. 2) Hollow brick. 3) Roof tiles and plates. 4) Pieces of great format.**

mendaciones de Orts *et al.*, (1992). Para la determinación de la plasticidad se han calculado los límites de Atterberg siguiendo las normativas U.N.E. 7-377-75 y 103-104-93. Se ha realizado el análisis dilatométrico sobre las muestras B y K, con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, hasta una temperatura máxima de 1000 °C.

Los ensayos de cocción han consistido en la determinación de los siguientes parámetros: contracción lineal (C.L.), absorción de agua (A.A.). Las cocciones se han reali-

a) COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)						b) C. QUÍMICA (% Ox)			c) GRANULOMETRÍA (%)					d) PLASTICIDAD					
	Fracción Total				Fracción < 2µm			B-I	K-I	φ	B-I	B-II	K-I	K-II		B-I	B	K-I	K
	B-I	B-II	K-I	K-II	B-I	K-I													
Qtz	17	22	40	30			SiO <sub>2</sub>	48.00	57.00	<2µm	54	38	67	12	L.L.	69	62.5	50.9	43.5
Fs	9	13	12	10			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.45	17.28	2-20 µm	39	45	32	39	L.P.	29.1	32.5	25.2	22.6
Cal		3		13			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.31	5.00	20-60 µm	6	11	1	33	I.P.	39.9	30	25.7	20.9
Dol		3	7	14			MgO	6.38	3.31	60-300 µm	1	6	0	16					
Phy	74	59	41	33			Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.08	0.07										
Ill					35	27	CaO	2.37	0.70										
Kln					17	7	Na <sub>2</sub> O	4.36	4.51										
Sm					22	7	K <sub>2</sub> O	5.98	5.90										
							TiO <sub>2</sub>	1.10	0.78										
							PPC	7.21	5.71										

Qtz: Cuarzo; Fs: Feldespatos; Cal: Calcita; Dol: Dolomita; Phy: Filosilicatos; Ill: Iilita; Kln: Caolinita; Sm: Esmectita; PPC: Pérdida por calcinación; L.L: Límite líquido; L.P: Límite plástico; I.P: Índice de plasticidad

Tabla 1.- a) Composición mineralógica. b) Composición química. c) Análisis granulométrico. d) Ensayo de plasticidad.

Table 1.- a) Mineralogical composition. b) Chemical composition. c) Particle size analysis. d) Plasticity test.

zado en horno eléctrico, a temperaturas comprendidas entre 800 y 1000 °C a intervalos de 50 °C, sobre probetas extrusionadas en vacío. Previamente se ha realizado la curva de secado y tras la cocción el test de heladicidad.

**Resultados y Discusión**

El análisis mineralógico (tabla 1a) de la muestra B-I presenta un contenido mayoritario en filosilicatos 74% y una proporción menor de cuarzo y feldespatos. Los minerales de la arcilla presentes corresponden a illita, caolinita y esmectita. La muestra K-I contiene una menor proporción de filosilicatos (41%) y mayor proporción de cuarzo, feldespatos y dolomita con respecto a la muestra B-I, siendo la illita el mineral de la arcilla mayoritario junto con bajos contenidos de caolinita y esmectita.

La mineralogía de las materias usadas para modificar la materia prima arcillosa (tabla 1a) está constituida por cuarzo, feldespatos, filosilicatos e indicios de carbonatos (muestra B-II). La composición mineralógica de la muestra K-II es similar presentado un mayor contenido de carbonatos (calcita y dolomita) y menor proporción de filosilicatos.

En el análisis químico de las muestras (tabla 1b) destaca el alto contenido en SiO<sub>2</sub> (48-57%) y un contenido moderado en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17.28-18.45%). La alta proporción de óxidos alcalinos y alcalino-térreos junto con el contenido en hierro, hace posible que se genere a temperaturas relativamente bajas, una fase vítrea que acelere el proceso de vitrificación y reduzca la porosidad (Sánchez Soto *et al.*, 1994).

La distribución del tamaño de grano de las materias primas arcillosas (Tabla 1c) muestra que predominan la fracción arcilla

(<2 micras) y la fracción limo fino-medio (2-20 micras). Si representamos las fracciones granulométricas en el gráfico de Winkler (Figura 1), se observa que la muestra B-I se sitúa en el campo 3 por lo que en principio presenta una granulometría más adecuada para la fabricación de productos de cerámica estructural. Mientras que la K-I se sitúa fuera del campo de aplicación cerámica, debido a su elevado contenido en fracción <2 micras, admitiendo la incorporación de materias primas con una granulometría más gruesa.

Los ensayos de plasticidad de las mues-

tras B-I y K-I (tabla 1d), muestran un comportamiento diferente. La muestra K-I, queda situada en la zona óptima para el moldeo por extrusionado, mientras que la muestra B-I presenta unos valores de índice de plasticidad y límite líquido bastante elevados por lo que se sitúa muy lejos de estas zonas óptimas para el moldeo por extrusionado (figura 2).

La adición de las materias primas complementarias (B-II y K-II) modifican convenientemente estos parámetros. Por una parte, corrige la granulometría en la mues-

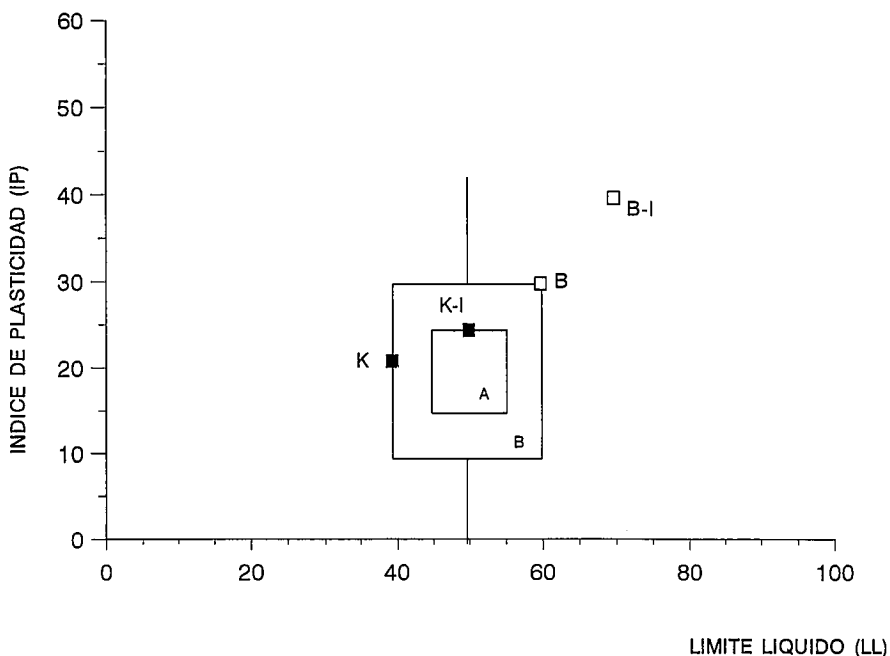


Fig. 2.- Diagrama de Casagrande: A) Zona óptima para el moldeo por extrusionado. B) Zona adecuada para el moldeo por extrusionado.

Fig. 2.- Casagrande's diagram: A) Optimum zone to the shaped by extrusion. B) Suitable zone to the shaped by extrusion.

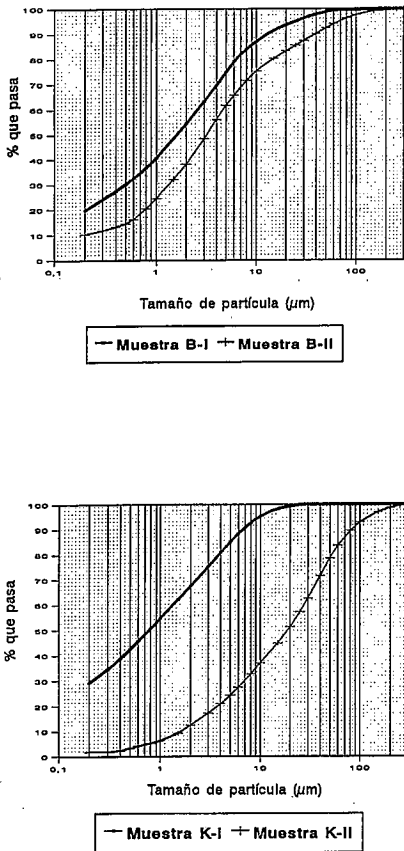


Fig. 3.- Curvas granulométricas de las materias primas arcillosas y de las materias primas complementarias.

Fig. 3.- Granulometric distribution graphs of the clayey raw materials and the complementary raw materials.

tra K-I, aumentando la proporción de las fracciones más gruesas (Figura 3), aunque esta adición no debe sobrepasar el 30% en peso para que la muestra no resulte inmoldeable (Figura 2). Sin embargo, para la muestra B-I la adición del material B-II resulta imprescindible para adecuar su plasticidad, sin que se altere significativamente la granulometría.

La curva dilatométrica perteneciente a K (Figura 4) presenta la morfología típica de las arcillas ílticas (DeAndrés *et al.*, 1990), donde se observa una ligera contracción debida a la pérdida del agua de moldeo y un aumento progresivo de la expansión, cuyo máximo (1%) se alcanza a los 825 °C. A partir de esta temperatura se inicia un proceso de contracción favorecido por la liberación de los óxidos alcalinos procedentes de la destrucción de los carbonatos aportados por la muestra K-II y de los óxidos alcalino-térreos que provienen de la ruptura de la estructura cristalina de los filosilicatos. A partir de 900 °C se observa una ligera expansión provocada por la formación

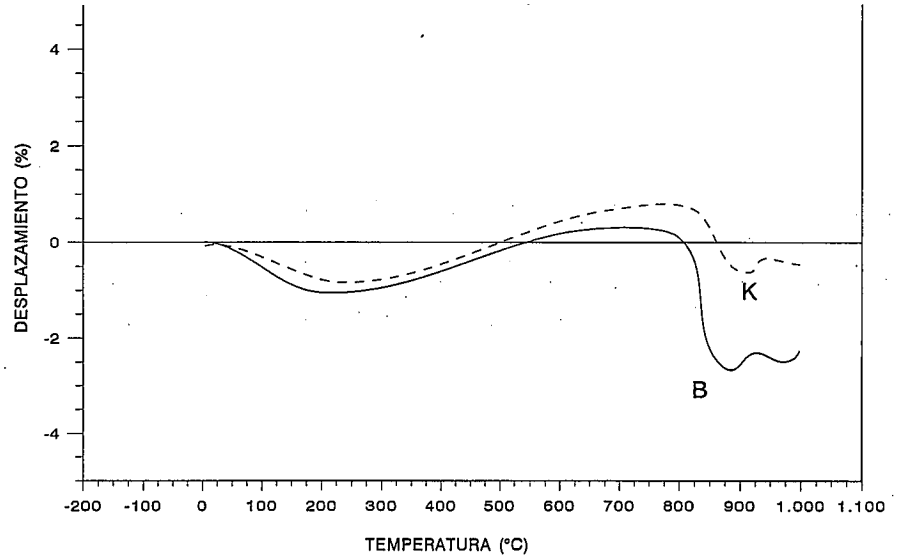


Fig. 4.- Curvas dilatométricas de las probetas B y K.

Fig. 4.- Dilatometric analysis graphs of the samples B & K.

de un silicato de calcio (Peco, 1972). La morfología de la curva B (Figura 4) es similar a la de la muestra anterior, aunque existen ligeras diferencias en relación con la contracción causada por la pérdida del agua de moldeo y el valor de expansión máxima, destacando la intensidad de la contracción en un intervalo de temperatura muy reducido, debido a la influencia de la materia prima arcillosa con una alta proporción en esmectitas.

La máxima reabsorción de humedad de las probetas extrusionadas y secas, se alcanza a los 10 días, con un porcentaje en torno al 3.7% para la probeta B y 2.8% para la K (figura 5a). Respecto al secado, las curvas de Bigot (Figura 5b y 5c) muestran que la humedad crítica (para una mínima contracción) varía del 15% para la probeta B, al 11% para la probeta K.

A partir de los ensayos de cocción realizados, en un rango de temperatura habitual en la industria ladrillera de 850-950 °C, se observa que para las probetas B los parámetros de C.L. y A.A. no sufren variaciones significativas, mientras que para las probetas K (en el mismo rango de temperaturas) estos mismos valores son ligeramente superiores. Como se citó anteriormente, el elevado porcentaje de óxidos fundentes (tabla 1b) permite que a temperaturas de 1000 °C la A.A. presente valores bajos. Por último, los ensayos de heladicidad (Figura 7) evidencian la aptitud de estas materias primas frente a condiciones de baja temperatura.

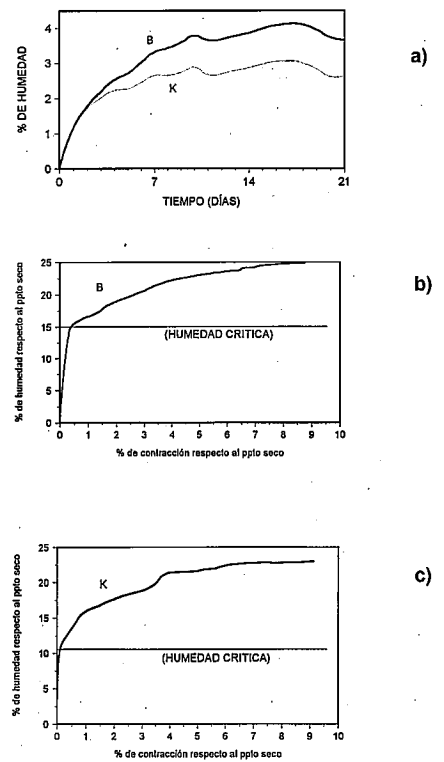


Fig. 5.- A) Curvas de reabsorción de humedad. B) y C) Curvas de Bigot.

Fig. 5.- A) Reabsortion curves of humidity. B) and C) Bigot's curves.

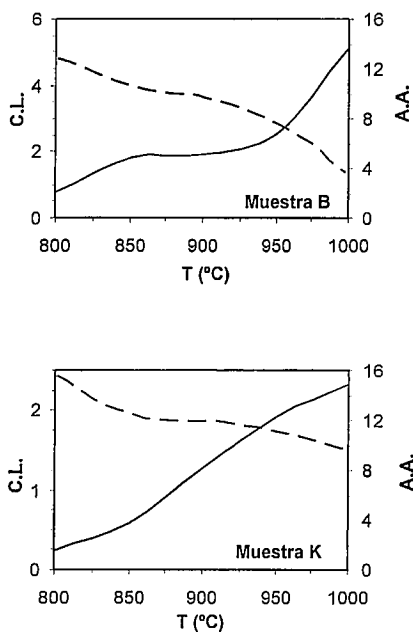


Fig. 6.- Diagramas de cocción (contracción lineal - absorción de agua).

Fig. 6.- Firing tests (linear shrinkage vs. water absorption).

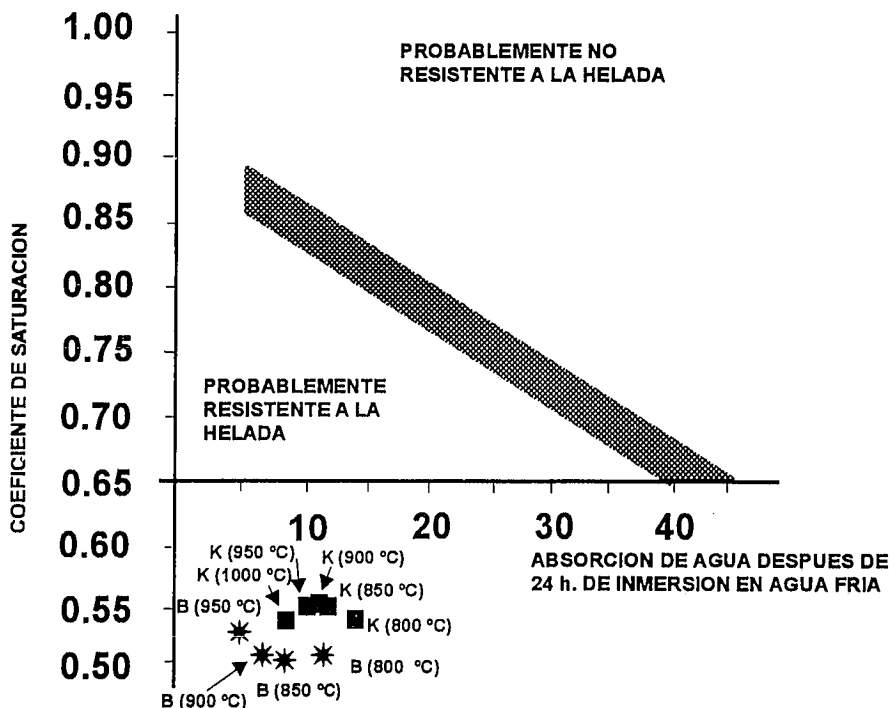


Fig. 7.- Test de heladicidad.

Fig. 7.- Freezed test.

**Conclusiones**

Como resulta evidente, el análisis global de todos los ensayos realizados pone de manifiesto la aptitud de estas materias primas para su utilización en la industria ladrillera. La adición de las correspondientes materias primas complementarias, resulta adecuada por las mejoras que aporta a la materia prima arcillosa en determinados aspectos, básicamente aquellos relacionados con la granulometría (probeta K) y/o con la plasticidad (probeta B).

Una especial atención requiere el control de la temperatura en torno a 900 °C, ya que es a partir de aquí, cuando se inicia la formación de una nueva fase mineral calcosilicatada, que ocasiona un incremento de volumen, generando tensiones internas que se reflejarían externamente a modo de grietas y fracturas en el producto acabado.

La humedad óptima para el secado es de 10-15%, con contracciones de 0.2-0.5%, para

las probetas K y B respectivamente, con un tiempo de revenido máximo de 10 días. Las cocciones realizadas entre 850-950 °C, muestran unos valores de C.L. bajos (<2%) con una absorción de agua en ambos casos inferior al 9%. Este hecho, relacionado con el inicio de la vitrificación, proporcionan a estas materias primas una buena resistencia a la helada.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Dirección del Centro Tecnológico de la Arcilla Cocida de Toledo la colaboración prestada en la realización de este trabajo.

**Referencias**

Andrés Gómez de Barreda A.de; García Ramos G.; Raigón Picardo M.; Sánchez Soto P.(1990). *Bol. Sol. Esp. Ceram. Vidr. Vol.29, n°1, 37-40.*

García Romero E. (1988). *Tesis Doctoral. Univ. Complutense, Madrid, 436 pp.*  
 Junco Aguado F. Y Calvo Sorando J.P. (1987). *Libro Jubilar de J.M. Ríos. T.2. pgs. 534-543.*  
 Martín Pozas J. M. (1968) *Tesis Doctoral Univ. Granada, 194 pp.*  
 Orts M.J.; Campos B.; Pico M.; Gozalbo A. (1992). *II Congreso Mundial de la Calidad del azulejo y del pavimento cerámico. pp 293-312.*  
 Peco G. (1972). *Ceramica informacione, 5 (7), pp: 287-299.*  
 Sánchez Soto P.J.; Justo Erbez A.; Jiménez del Haro M.C.; Pérez Rodríguez J.L; Raigón Picardo M.; Pascual Cosp J. (1994). *Bol. Sol. Esp. Cerám. Vidr. Vol.33 N° 4 pp 199-205.*