

# Valorización de lodos de papel en la fabricación de baldosas cerámicas

M.J. Vicente<sup>1\*</sup>, J. García-Ten<sup>1</sup>, M. Soriano<sup>1</sup>, J.M. Martínez<sup>2</sup>, S. Viozquez<sup>2</sup>, E. Montiel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE). Universitat Jaume I. Castellón (Spain).

<sup>2</sup> Greene Enterprise, S.L, Elche (Alicante), España.

\*mariajose.vicente@itc.uji.es

## 1. Resumen

Los lodos son el tipo de residuo más importante generado por las industrias de procesamiento de la pulpa y el papel. Estos lodos están compuestos por materia orgánica y cargas minerales, principalmente, carbonato cálcico que, a su vez, puede convertirse en materia prima secundaria en diferentes sectores industriales.

En este estudio se ha evaluado la viabilidad técnica de la valorización de lodos procedentes de la industria papelera en el sector cerámico, introduciéndolos en una composición para la fabricación de soporte de azulejo de cocción blanca.

## 2. Caracterización físico-química de los lodos

Los lodos procedentes de una industria papelera se sometieron a un proceso de secado, tras el cual se caracterizaron mediante la determinación de su mineralogía por difracción de rayos X y de su comportamiento frente a la temperatura mediante un análisis térmico simultáneo. Los resultados indicaron que los lodos estaban compuestos mayoritariamente por calcita. Asimismo, se detectó la posible presencia de dos tipos de materia orgánica: una que descomponía en el intervalo 150-400 °C y otra entre 400 y 600 °C.

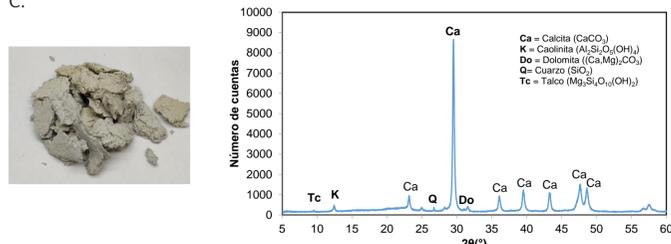


Figura 1. Aspecto y difractograma de los lodos

Tras la calcinación de los lodos a 550 °C se determinó su composición química y su contenido en sales solubles. El óxido mayoritario en los lodos es el CaO, seguido del SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, óxidos presentes también en las composiciones cerámicas. En cuanto a su contenido en sales solubles, es adecuado para poder ser utilizados como materia prima en procesos vía húmeda. Además, se comprobó que tamaño de partícula de los lodos es lo suficientemente pequeño ( $d_{0,7} < 35 \mu\text{m}$ ) para que la descomposición de la calcita que contienen pueda producirse en las condiciones de trabajo habituales para la fabricación de este tipo de soportes cerámicos.

Tabla 1. Composición química (% en peso) y sales solubles (mg/kg) de los lodos calcinados

CaO	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	Otros	p.p.c. (1000 °C)
49,6	8,9	0,91	0,42	0,45	39,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca (II)	Mg (II)	Na (I)	K (I)
1581	234	977	14	40	10

## 3. Valorización de los lodos en composiciones de azulejo

A partir de una composición de azulejo de cocción blanca (STD) se formuló una nueva composición (50Lc) en la que el 50 % del carbonato cálcico se reemplazó por la cantidad de lodos necesaria para aportar el mismo contenido en CaO que el carbonato reemplazado, considerando en el caso del residuo a valorizar la suma de CaO y MgO aportado por éste.

Tabla 2. Composiciones ensayadas (% en peso)

Materias primas	STD	50Lc
Arcillas	67,0	66,4
Arena	20,0	19,8
Carbonato cálcico	13,0	6,5
Lodo calcinado	--	7,2

Mediante la determinación de la curva de desfloculación de ambas composiciones a un contenido en sólidos constante se concluyó que la suspensión con lodos presenta un comportamiento reológico adecuado para su correcto procesamiento industrial, aunque requiere de un mayor consumo de desfloculante.

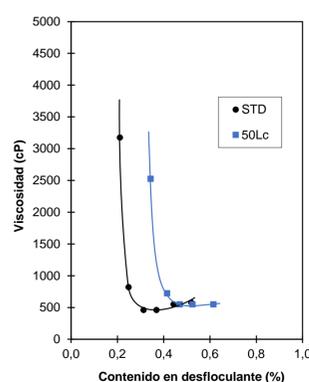


Figura 2. Curvas de desfloculación de las composiciones

El conformado por prensado de las composiciones indicó que el empleo de los lodos produce una ligera disminución de la densidad aparente de los soportes y, en consecuencia, de su resistencia mecánica. Se comprobó que un aumento en la presión de prensado de la composición con lodos de 250 a 320 kg/cm<sup>2</sup> permitía igualar las propiedades en crudo de la composición STD.

Tabla 3. Propiedades en crudo de las composiciones

Propiedad	STD	50Lc
Rechazo a 63 mm (%)	4,8	4,8
Humedad (%)	5,5	5,5
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	250	320
Densidad aparente en seco (g/cm <sup>3</sup> )	1,94	1,90
Resistencia mecánica en seco (kg/cm <sup>2</sup> )	24	22

En cuanto al comportamiento en cocción, la composición con lodos proporciona una baja contracción y una elevada estabilidad dimensional con la temperatura.

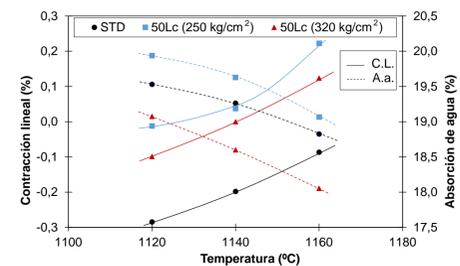


Figura 3. Comportamiento en cocción de las composiciones

Para las mismas condiciones de prensado, el empleo de los lodos no modifica de manera apreciable ni las propiedades estéticas ni las técnicas. Los soportes con lodos conformados a mayor presión presentan mayor resistencia en cocido y menor expansión por humedad que los conformados con la composición STD a igual densidad en crudo.

Tabla 4. Propiedades de las composiciones a 1140 °C

Propiedad	STD	50Lc	
		250 kg/cm <sup>2</sup>	320 kg/cm <sup>2</sup>
Contracción lineal (%)	-0,2	0,0	0,0
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,75	1,74	1,77
Absorción de agua (%)	19,3	19,6	18,6
L*	77,7	77,8	77,5
a*	6,7	6,5	6,6
b*	14,0	13,8	13,8
Resistencia mecánica (kg/cm <sup>2</sup> )	206	207	221
Expansión por humedad (‰)	0,91	0,94	0,86

## 4. Conclusiones

Se ha comprobado la adecuada procesabilidad de una composición de azulejo en la que el 50% del carbonato cálcico se reemplazó por la cantidad de lodos necesaria para aportar el mismo contenido en CaO del carbonato reemplazado. La composición con lodos desarrollada muestra una baja contracción en cocción y una elevada estabilidad dimensional con la temperatura de cocción, requisito de las composiciones de soporte para azulejo.

Los resultados obtenidos instan a profundizar en la valorización de este tipo de residuos en el sector cerámico, tanto en el desarrollo de soportes de azulejo como de otros tipos de productos en los que se consume carbonato cálcico, como son las fritas cerámicas.

## Referencias

- Barba, A., Beltrán, V., Feliu, C., García, J., Ginés, F., Sánchez, E., Sanz, V., 2002. Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. 2ª ed. Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón.
- Dondi, M., García-Ten, J., Rambaldi, E., Zanelli, C., Vicent-Cabedo, M., 2021. Resource efficiency versus market trends in the ceramic tile industry: Effect on the supply chain in Italy and Spain. Resources, Conservation and Recycling, 168, 105271. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105271>.
- Escardino, A.; García, F.J.; Soriano, M.L., 2007. Estudio de la descomposición de la calcita durante la cocción de los azulejos. Cerámica Información, 341, 111-120.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto "Valorización de residuos para su empleo como materias primas secundarias (VALORES)", proyecto cofinanciado por la Agencia Valenciana de la Innovación (AVI).

