

Efecto de la Incorporación de Alpeorujos en la Fabricación de Ladrillos de Arcilla

/ MARIA DOLORES LA RUBIA GARCÍA (1,*), AFRICA YEBRA RODRÍGUEZ (2), DOLORES ELICHE QUESADA (1), FRANCISCO A. CORPAS IGLESIAS (1), ALBERTO LÓPEZ GALINDO (3)

(1) Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n. 23071, Jaén (España)
(2) Departamento de Geología. Unidad Asociada IACT (CSIC-UGR). Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n. 23071, Jaén (España)
(3) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR). Campus Fuentenueva s/n. 18071, Granada (España)

INTRODUCCIÓN.

La eliminación de los residuos de la industria del aceite de oliva es un problema ambiental, con independencia del proceso de extracción. En el proceso tradicional de tres fases se generan residuos sólidos y líquidos, mientras que el de dos fases no utiliza agua durante la extracción y proporciona el aceite de oliva como la fase líquida y un residuo sólido húmedo. El residuo resultante o alpeorujos (800 kg por cada 1000 kg de aceituna, aproximadamente) es coherente, pastoso y contiene hueso de aceituna y residuos de pulpa. Presenta pH ácido y un alto contenido en materia orgánica, principalmente lignina, hemicelulosa, celulosa, grasas, proteínas, carbohidratos solubles en agua y una pequeña fracción de compuestos fenólicos activos (Alburquerque et al., 2004).

La contaminación de suelos con alpeorujos puede ser un problema grave y, por otra parte, no se puede compostar o ser quemado sin un costoso tratamiento previo. La industria de la construcción absorbe en parte los subproductos de otras industrias, mediante la incorporación de los residuos a los materiales de construcción tradicionales (Liew et al., 2004; El-Mahllawy, 2008; de la Casa et al., 2009). El objetivo de nuestro estudio fue investigar el uso de alpeorujos como aligerante en la fabricación de ladrillos de arcilla. El alpeorujos presenta un tamaño de partícula muy pequeño y un contenido en humedad alta, lo que le confiere valores bajos de porosidad y alta plasticidad. Por lo tanto, es fácil de moldear y conformar. Los ladrillos se fabricaron con arcilla de Bailén (provincia de Jaén) a la que se añadió alpeorujos, sin agua adicional, en un porcentaje variable (5, 10, 15, 20 y 25%). Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos fueron

comparadas con las de aquellos sin alpeorujos añadido, con el fin de evaluar el uso de este material en la fabricación de ladrillos de arcilla.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El alpeorujos fue proporcionado por una industria local (San Miguel Arcángel, Villanueva del Arzobispo, Jaén, España) que trabaja con el método de dos fases. El porcentaje de humedad del residuo es de 61,98% lo que ha permitido que se realicen las probetas sin adición de agua. La arcilla utilizada en este trabajo fue proporcionada por Arcillas Bailén S.L. (Bailén, España). La composición mineralógica se determinó mediante difracción de rayos X (DRX) en un difractómetro Philips PW 1710, con radiación $\text{CuK}\alpha$ y monocromador de grafito, operando a 40 kV y 40 mA. Los espectros fueron recogidos entre 3 y 70 $^{\circ}2\theta$, con una velocidad de goniómetro de 0,05 $^{\circ}2\theta/s$ y un tiempo de integración de 0,4 s. También se aplicaron técnicas de dilatometría sobre la arcilla en un Dilatómetro DIL 402 C con el fin de establecer la temperatura de cocción adecuada para la fabricación de los ladrillos.

Seis formulaciones fueron preparadas con 0, 5, 10, 15, 20 y 25% en peso de alpeorujos. Las mezclas se conformaron en una prensa hidráulica Mega KCK-30 bajo cargas uniaxiales de 10 Tm (10 muestras por formulación, 60 mm x 30 mm x 10 mm de tamaño). Las muestras se secaron a 110 $^{\circ}C$ durante 48 h y, posteriormente, fueron pesadas y medidas según la norma UNE-EN 772-16. La cocción se llevó a cabo en un horno de mufla a 950 $^{\circ}C$ en un ciclo térmico de 24 horas. La densidad aparente de los ladrillos se ha determinado según la norma UNE 67-031 y la absorción de agua según la norma UNE 67-027. Por último, la morfología del sistema poroso se ha

caracterizado con microscopía electrónica de barrido SEM en un equipo JEOL JSM 5800 y la resistencia a la compresión siguiendo la norma UNE 67-026 en una prensa de laboratorio Suzpecar CME 200 SDC aplicando una carga centrada en la cara superior de la probeta a una velocidad de 20 MPa/s hasta rotura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las fases cristalinas mayoritarias encontradas en la arcilla son las que se indican en la tabla 1. La dilatometría evalúa los cambios dimensionales que sufre el material por efecto de la temperatura como consecuencia de las reacciones que generalmente llevan asociado un cambio de volumen del material. En la arcilla de Bailén, la transformación de cuarzo α a cuarzo β (584,5 $^{\circ}C$) conlleva un aumento de volumen del 3%. Por encima de 766 $^{\circ}C$ y hasta 942,3 $^{\circ}C$ se observa una pequeña contracción debido a la descomposición de CaCO_3 en CO_2 y CaO y a la formación de fase líquida que con la temperatura va disminuyendo su viscosidad. A 942 $^{\circ}C$ comienza la sinterización de los minerales de la arcilla, lo que produce una disminución de la superficie específica. Y hasta 1136 $^{\circ}C$ tienen lugar varias reacciones entre los productos procedentes de la descomposición de los minerales de arcilla y del carbonato cálcico (SiO_2 , Al_2O_3 , Mg, Ca, Fe; Dondi et al., 2001). La cristalización de estas nuevas fases cálcicas ocurre, en general, en partículas de pequeño tamaño e impide el desarrollo de una cantidad de fase amorfa significativa, confirmando a las piezas obtenidas una porosidad elevada. Debido al elevado contenido de carbonato cálcico en estas muestras y, con el fin de evitar la aparición de otras fases cristalinas que pudieran enmascarar los valores de porosidad conferidos por la presencia de alpeorujos, se estimó que la temperatura

palabras clave: arcilla, ladrillos, alpeorujos.

key words: clay, bricks, alpeorujos.

Cuarzo	Calcita	Montmorillonita	Ilita	Caolinita	Clorita	Hematites
12	22	38	19	7	2	2

Tabla 1. Composición mineralógica (en porcentaje) de la arcilla empleada en la fabricación de los ladrillos.

de cocción debía ser en torno a 900-950 °C.

Los resultados obtenidos en los ensayos de la densidad aparente y absorción de agua, realizados a las probetas de arcilla y a las distintas formulaciones arcilla-alpeorujos, indican que la adición del residuo produce un importante aumento de la porosidad en los ladrillos. La figura 1 muestra una disminución progresiva de la densidad aparente de los ladrillos conforme se incrementa la incorporación de alpeorujos a la mezcla. El proceso de cocción implica la combustión de la materia orgánica procedente del alpeorujos y, por tanto, la formación de poros. Este aumento de porosidad permitiría el uso de este tipo de ladrillos como aislante. En los ensayos de absorción de agua (Fig. 2) se aprecia que en las muestras con un contenido en alpeorujos por debajo de 5% no hay un aumento de la porosidad y en cambio, a porcentajes mayores, el aumento de la porosidad es lineal con el porcentaje de residuo. Los valores de densidad aparente para las mismas muestras (Fig. 1) corroboran la formación de huecos en los ladrillos.

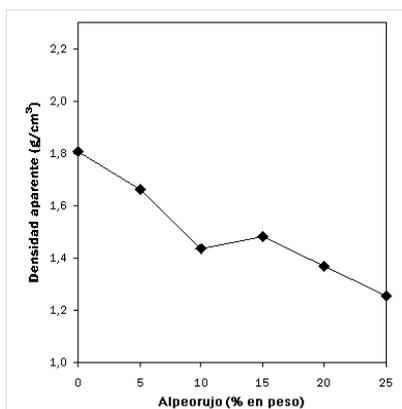


fig 1. Densidad aparente de las probetas en función del porcentaje de alpeorujos.

En los ladrillos fabricados con mayor porcentaje de alpeorujos, la absorción de agua aumenta de forma lineal, alcanzando un valor de 30,8% en los ladrillos fabricados con un 25% de residuo. Con porcentajes de 5 y 10% de alpeorujos se forman poros cerrados de forma regular esférica. Con mayores porcentajes de alpeorujos se observan poros abiertos, grandes y con formas angulosas, con fisuras ramificadas en

sus extremos que podrían debilitar la zona. Además, la porosidad resultante de la adición de alto porcentaje de residuo a la arcilla de Bailén no es homogénea, debido probablemente a la presencia en el alpeorujos de cierta cantidad de hueso de aceituna. Por otra parte, puesto que la normativa vigente no permite porcentajes de absorción de agua por encima del 20%, únicamente se ajustarían a este valor los ladrillos fabricados con menos del 12% de alpeorujos.

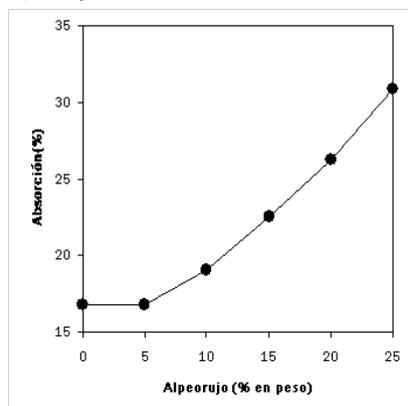


fig 2. Influencia del porcentaje de alpeorujos en la absorción de agua.

Finalmente, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para determinar la influencia del alpeorujos en las propiedades mecánicas de los ladrillos y valorar su aplicabilidad. Las muestras con residuo presentan una resistencia a la compresión menor que los ladrillos fabricados sólo con la arcilla de Bailén. Los ladrillos fabricados con el mayor porcentaje de residuo son los que presentan los valores de resistencia a la compresión más bajos, debido a la mayor porosidad de las probetas y a las características de los poros. Los poros angulosos y con fisuras en los extremos pueden concentrar las tensiones y disminuir la resistencia a la compresión de los ladrillos. Considerando las series de ladrillos fabricados con residuo, se aprecia un máximo de resistencia a la compresión en las probetas de 10 % de alpeorujos, debido al tipo de porosidad generada (porosidad cerrada) o, más probablemente, a la morfología de los poros. No obstante, en todos los casos, incluso para la serie de mayor porcentaje de alpeorujos, los valores de resistencia a la compresión obtenidos son mayores que el valor establecido

por la normativa como valor mínimo (10 MPa).

CONCLUSIONES.

La utilización de alpeorujos como aditivo en la fabricación de ladrillos supone la eliminación de un residuo muy contaminante y a la vez una forma de valorizarlo. Al ser un residuo húmedo permite la reducción de costes de fabricación. Es un eficaz aditivo aligerante, ya que aumenta la porosidad del material, lo que permite su aplicación como aislante. Aunque implica una disminución de las propiedades mecánicas de los ladrillos respecto a los fabricados solamente con arcilla, todas las series ensayadas presentan valores de la resistencia a la compresión por encima del valor mínimo establecido por la normativa.

REFERENCIAS.

- Alburquerque, J.A., González, J., García, D., Cegarra, J. (2004): Agrochemical characterisation of "alpeorujos", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Biores. Technol.*, **91**, 195-200.
- de la Casa, J.A., Lorite, M., Jiménez, J., Castro, E. (2009): Valorisation of wastewater from two-phase olive oil extraction in fired clay brick production. *J. Hazard. Mater.*, **169**, 271-278.
- Dondi, M., Guarini G., Ligas, P., Palomba, M., Raimondo, M., (2001): Chemical, mineralogical and ceramic properties of kaolinitic materials from the Tresnuraghes mining district (Western Sardinia, Italy). *Appl. Clay Sci.*, **18**, 145-155.
- El-Mahllawy, M.S. (2008): Characteristics of acid resisting bricks made from quarry residues and waste steel slag. *Constr. Build. Mater.*, **22**, 1887-1896.
- Liew, A.G., Idris, A., Wong, C.H.K., Samad, A.A., Noor, M.J.M.M., Baki, A.M. (2004): Incorporation of sewage sludge in clay brick and its characterization. *Waste Manage. Res.*, **22**, 226-233.