

ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE CENIZAS DE BIOMASA PARA LA FABRICACIÓN DE UN NUEVO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Pablo Vázquez-Burgo

Isabel Martínez-Lage

Cristina Vázquez-Herrero

Mirian Velay-Lizancos

Universidade da Coruña

Resumen

En los ensayos de caracterización llevados a cabo para las cenizas de biomasa procedentes de la industria de la pasta y el papel se observan ciertas propiedades cementantes por lo que se decide realizar un estudio comparativo entre la resistencia a flexotracción y compresión de estas cenizas mezcladas con agua y la de materiales convencionales como arcilla, cemento y escayola. Se estudia también la densidad y la retracción sufrida. Los resultados obtenidos muestran que las cenizas de biomasa tienen un comportamiento similar al de la arcilla, pero es más ligero y sufre una menor retracción. Sin embargo sus propiedades mecánicas distan mucho de las de la escayola y, en especial, de las del cemento.

Abstract

During the characterization tests carried out with the biomass ashes coming from the pulp and paper industry, certain cementing properties were observed. Thus, it was decided to carry out a comparative study among the compressive and flexural strengths of this ashes mixed with water and conventional materials such as clay, cement and plaster. In addition, density and shrinkage were studied. The results obtained show that biomass ashes have a similar behavior to clay, but lighter and suffering a lower shrinkage. However, its mechanical properties are far away from plaster's, and specially, cement's.

Palabras clave: cenizas; residuos; sostenibilidad; innovación; biomasa

Área temática: Actuaciones sostenibles en la edificación.

1. Introducción

La industria de la pasta y el papel genera diferentes residuos sólidos y lodos, entre ellos, las cenizas de caldera de biomasa durante el proceso de obtención de energía. Estas cenizas están catalogadas por el Listado Europeo de Residuos (MAM, 2002) como residuo no peligroso.

En el Complejo Industrial de Pontevedra de ENCE ENERGÍA Y CELULOSA S.A. uno de los principales residuos que genera son estas cenizas de biomasa (aprox. 12,000 t/año), que se envían a vertedero ante la falta de estudios que hayan validado su posible valorización material en otras aplicaciones, y con un coste de gestión de 20.5 €/t incluyendo en dicho coste tanto el canon que hay que pagar por

el vertido como el transporte del residuo al vertedero. Por lo que el coste anual que tiene que soportar ENCE para la gestión de estos residuos es de 246,000 €/año.

Los elementos más abundantes las cenizas de biomasa son Ca, K, Mg, Al, Fe, y en menor medida, P (Vassilev, 2013). Estas cenizas son ricas en nutrientes esenciales para las plantas y se están buscando soluciones económicamente viables para su devolución al suelo, completando así el ciclo natural de los nutrientes, además de actuar como enmienda de suelos ácidos debido a su carácter alcalino y evitando también su almacenaje en vertederos (AAA, 2013).

El reciclaje de cenizas de biomasa como fertilizante de suelos se viene desarrollando desde hace años en Finlandia (Nurmesniemi, 2012-1, 2) y (Dahl, 2010) obteniéndose considerables mejoras en suelos ácidos después de su fertilización con cenizas.

Su aplicación en rellenos para la ejecución de terraplenes de obras lineales, como filler de aportación para la fabricación de morteros (Modolo, 2013), hormigones (Carrasco, 2014) o mezclas o como material alternativo a la cal para la estabilización de suelos están dando resultados muy alentadores y en las que se consumirían grandes cantidades de este residuo.

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es estudiar la viabilidad de utilización de cenizas de biomasa procedentes de la industria papelera para la obtención de un nuevo material de construcción al mezclarlas con agua, ya que se en los ensayos de caracterización de las mismas se observan ciertas propiedades cementantes. Se realizan ensayos de resistencia a flexión y compresión comparándose los resultados obtenidos en este nuevo material con los obtenidos en materiales convencionales como son arcilla, cemento y escayola.

3. Metodología

3.1 Materiales

Para la fabricación de las probetas se emplea un cemento tipo II/B-M (V-L) 32.5 N, escayola E-30, cenizas de caldera de biomasa procedentes de la empresa ENCE (imagen 1) y arcilla roja para modelar (imagen 2).



Imagen 1: Cenizas biomasa



Imagen 2: Arcilla roja para modelar

3.2 Mezclado, preparación de las muestras y curado

Para la realización de los ensayos se fabrican probetas prismáticas de 40x40x160 mm de cada uno de los materiales estudiados. En el caso de las cenizas se utilizan dos dosificaciones distintas, una con una relación agua/ligante de 0.48 que se rompe a 7 días, y otra con relación agua/ligante de 0.50 que se rompe a 28 días. El resto de materiales se rompen solamente a 7 días utilizando para el cemento una relación 0.48 y en la escayola 0.50, como podemos ver en la tabla 1. La arcilla roja de modelar ya viene envasada al vacío con una cierta cantidad de agua por lo que no es necesario añadir más cantidad.

Tabla 1: Relación agua/ligante de las mezclas

	Cenizas 7d	Cenizas 28d	Cemento	Escayola	Arcilla
Agua/ligante	0.48	0.50	0.48	0.50	-

En las imágenes 3 y 4 podemos apreciar las mezclas una vez introducidas en el molde.

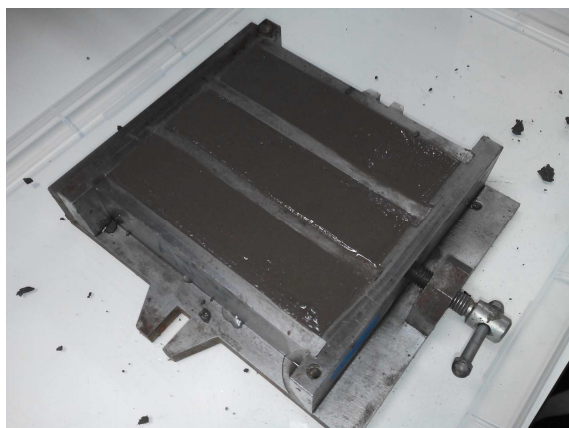


Imagen 3: Cenizas



Imagen 4: Escayola y arcilla

Las probetas de cenizas 28d se curan 30 horas a 80 °C, mientras que las de arcilla y cenizas 7d se curan 24 horas a esta temperatura. En el caso de la escayola, no hace falta someterla a este curado a elevada temperatura ya que en cuestión de minutos endurece completamente. El cemento se cura en cámara húmeda a 20°C durante 24 horas.

Al sacar los moldes de cenizas y arcilla de la estufa a 80 °C se observan los efectos de la retracción por secado con respecto a las dimensiones de cada hueco del molde, como se puede apreciar en las imágenes 5 y 6.

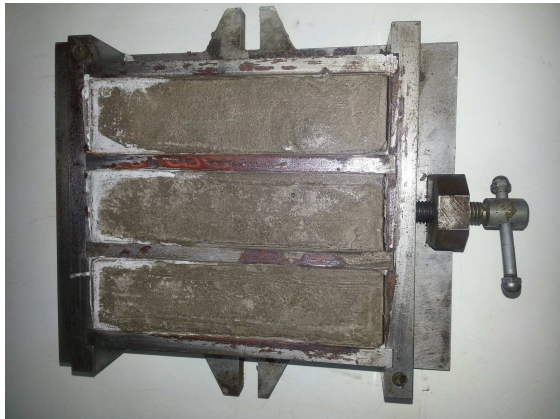


Imagen 5: Cenizas después de estufa

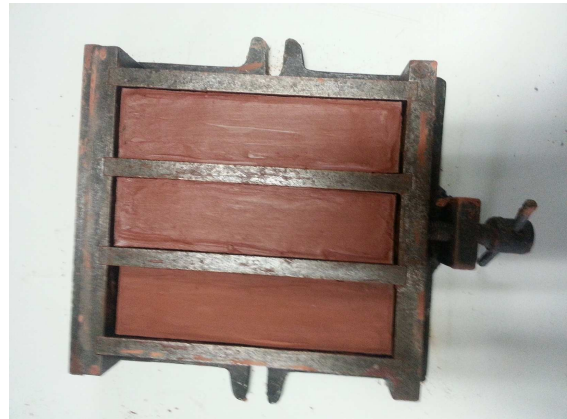


Imagen 6: Arcilla después de estufa

Todas ellas se desmoldan al día siguiente a su fabricación y a partir de ahí, están sometidas a una temperatura ambiente de aproximadamente 21 °C hasta el momento de rotura.

En las imágenes 7-10 se puede ver el aspecto de cada tipo de probeta una vez desmoldadas.



Imagen 7: Probetas cenizas 7 días



Imagen 8: Probetas cemento



Imagen 9: Probetas arcilla



Imagen 10: Probetas escayola

3.3 Ensayos realizados

Se realizan ensayos de resistencia a flexión y compresión similares a los que plantea la norma UNE-EN 196-1:2005 para evaluar las resistencias mecánicas de probetas de mortero, pero adaptando la célula de carga y velocidad a cada uno de los materiales.

Para la rotura de las probetas de escayola y cemento se utiliza la prensa automática de la imagen 11, con una célula de carga de 20 toneladas y se impone una velocidad de 2400 N/s tanto a flexión como a compresión, mientras que para las probetas de arcilla y cenizas, debido a su baja resistencia, se decide utilizar una célula de carga de 5 toneladas y una velocidad de 50 N/s a flexión y 200 N/s a compresión.



Imagen 11: Prensa automática

4. Resultados

Los resultados obtenidos de este ensayo aparecen reflejados en las tablas 2-6:

Tabla 2: Resultados ensayo rotura Cenizas 7d

	C1	C2	C3	C4
Densidad (Kg/m ³)	1322.4 1	1340.1 5	1336.5 6	1327.8 9
Resistencia a flexión (MPa)	0.82	1.00	0.92	0.78
Resistencia a compresión lado izquierdo (MPa)	3.20	3.42	3.52	3.43
Resistencia a compresión lado derecho (MPa)	3.30	3.63	3.96	3.17
Retracción lineal	0.63%	0.63%	0.63%	1.25%

Tabla 3: Resultados ensayo rotura Cenizas 28d

	Cen1	Cen2
Densidad (Kg/m ³)	1291.43	1279.45
Resistencia a flexión (MPa)	2.62	2.46
Resistencia a compresión lado izquierdo (MPa)	6.26	5.60
Resistencia a compresión lado derecho (MPa)	5.60	5.60
Retracción lineal	1.88%	1.56%

Tabla 4: Resultados ensayo rotura Cemento

	Cem1	Cem2	Cem3
Densidad (Kg/m ³)	1744.77	1722.56	1703.61
Resistencia a flexión (MPa)	1.48	1.74	1.28
Resistencia a compresión lado izquierdo (MPa)	16.63	22.08	23.51
Resistencia a compresión lado derecho (MPa)	21.64	20.66	19.99
Retracción lineal	0.00%	0.00%	0.00%

Tabla 5: Resultados ensayo rotura Escayola

	E1	E2	E3
Densidad (Kg/m ³)	1303.76	1409.54	1404.74
Resistencia a flexión (MPa)	2.86	3.95	4.19
Resistencia a compresión lado izquierdo (MPa)	-	-	16.00
Resistencia a compresión lado derecho (MPa)	8.54	10.36	16.49
Retracción lineal	0.00%	0.00%	0.00%

Tabla 6: Resultados ensayo rotura Arcilla

	A1	A2	A3
Densidad (Kg/m ³)	1812.24	1828.37	1835.59
Resistencia a flexión (MPa)	1.17	1.23	1.59
Resistencia a compresión lado izquierdo (MPa)	2.26	2.70	2.84
Resistencia a compresión lado derecho (MPa)	2.78	3.00	2.88
Retracción lineal	4.38%	4.38%	4.38%

En la tabla 7 podemos ver un resumen de los resultados medios obtenidos para cada uno de los materiales.

Tabla 7: Resumen de Resultados

	Cenizas 7d	Cenizas 28d	Cemento	Escayola	Arcilla
Agua/ligante	0.48	0.50	0.48	0.50	-
Densidad (Kg/m ³)	1331.75	1285.44	1723.65	1372.68	1825.4
Resistencia media a flexión (MPa)	0.88	2.54	1.50	3.67	1.33
Resistencia media a compresión (MPa)	3.45	5.77	21.25	5.57	2.74
Retracción lineal media	0.63%	1.72%	0.00%	0.00%	4.38%

Como podemos apreciar en la figura 1, las probetas de cenizas a 7 días no tienen un buen comportamiento con respecto a resistencia a flexión ya que es inferior a la del resto de materiales. De la que podría estar más cerca es de las de arcilla, pero sigue siendo un 34% inferior. Si observamos la resistencia a flexión de las cenizas a 28 días, vemos que es casi 3 veces superior a la de las cenizas a 7 días.

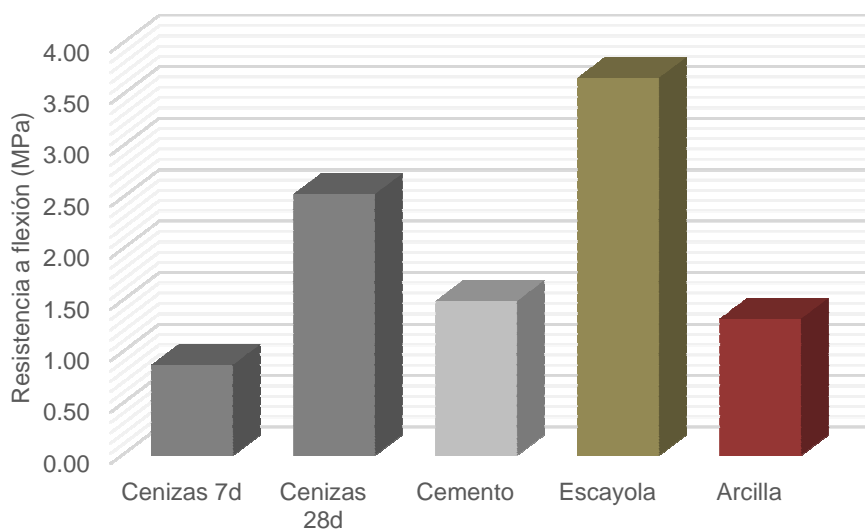


Figura 1: Resistencia a flexion (MPa)

En cuanto a la resistencia a compresión, en la figura 2 podemos ver que sigue estando muy por debajo de los valores obtenidos para el resto de materiales a excepción de la arcilla. En este caso se obtiene una resistencia a compresión en las cenizas a 7 días un 26% superior a la de la arcilla. Sin embargo todavía está muy lejos de los valores obtenidos en el cemento y en la escayola, con valores 516% y 61% superiores al de las cenizas, respectivamente.

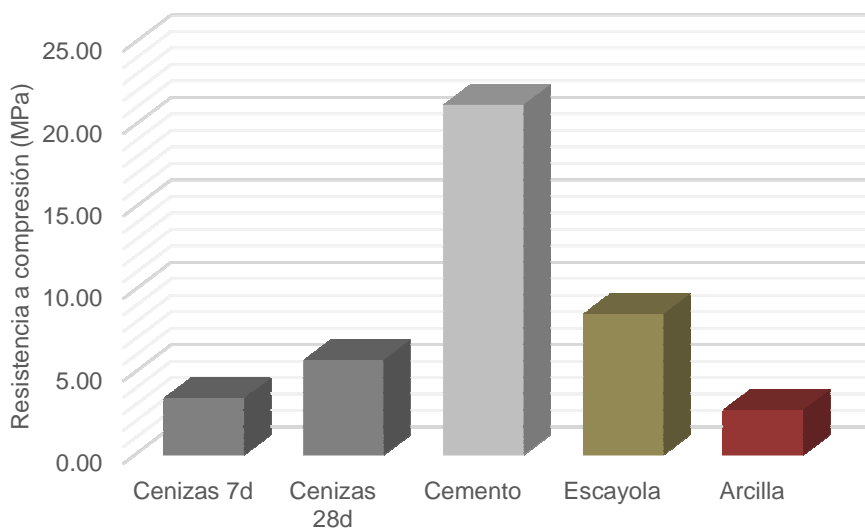


Figura 2: Resistencia a compresión (MPa)

Por lo que respecta a la densidad, en la figura 3 vemos que se trata de un material ligero ya que tiene una densidad similar a la de la escayola y hasta un 25% inferior a la de la arcilla y el cemento.

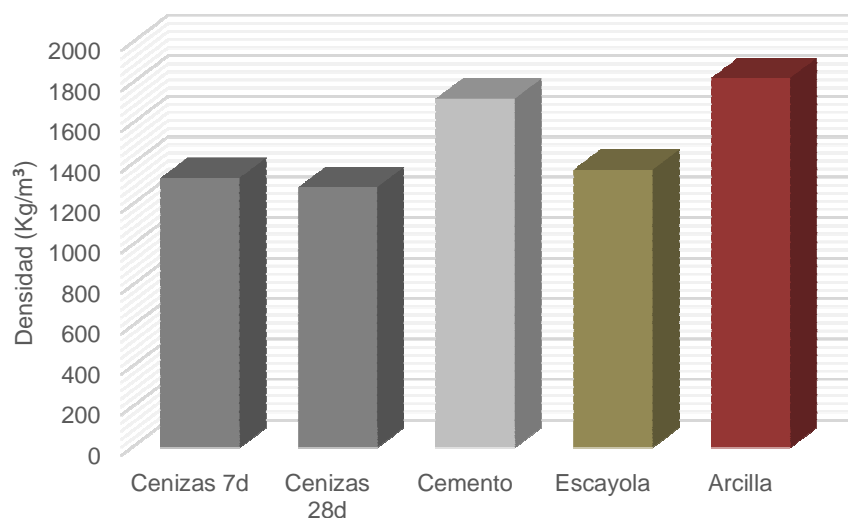


Figura 3: Densidad (Kg/m³)

Si nos fijamos en la retracción lineal que sufren estos materiales en la figura 4, medida a los 7 días con respecto a las dimensiones originales del molde, vemos que en el cemento y la escayola es prácticamente inexistente, mientras en las cenizas a 7 días es del 0.63% y en la arcilla llega a ser de hasta un 4.38%. En el caso de las cenizas a 28 días, sufren una mayor retracción por secado que las de 7 debido, probablemente, a que la mezcla se realiza con una mayor cantidad de agua y a que siguen sufriendo retracción durante los 28 días posteriores al curado en estufa hasta el momento de rotura, en el cual se registran las dimensiones.

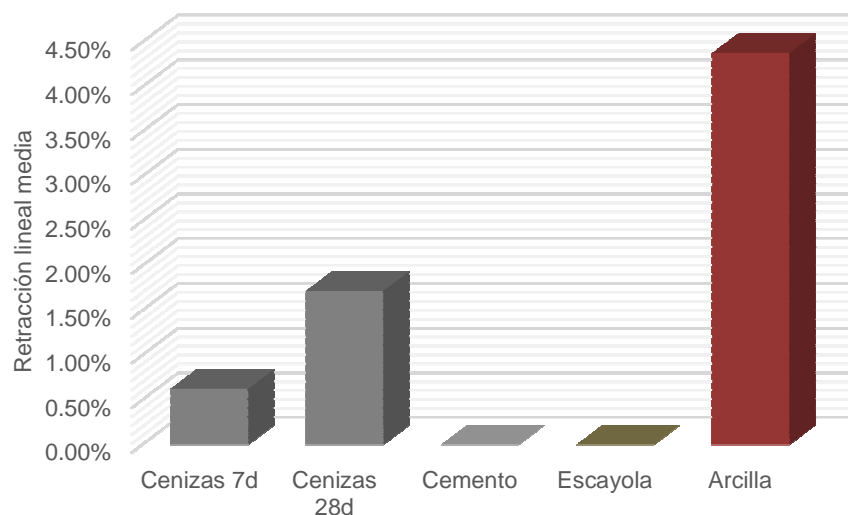


Figura 4: Retracción lineal media (%)

5. Conclusiones

Este estudio investiga el comportamiento mecánico de las cenizas de biomasa mezcladas con agua en comparándolo con otros materiales convencionales como son el cemento, la escayola y la arcilla.

Basándose en los resultados experimentales obtenidos en este estudio, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. La resistencia a flexión de las probetas de cenizas a 7 días es inferior a la del resto de materiales estudiados. A la que más se aproxima es a la de las probetas de arcilla pero todavía sigue siendo un 34% inferior.
2. La resistencia a compresión de las probetas de cenizas a 7 días es ligeramente superior a la de las de arcilla (26%) pero todavía se queda muy lejos de los valores alcanzados por la escayola y especialmente por el cemento que llega a ser más de 5 veces superior.
3. La densidad de las probetas cenizas es similar a la de la escayola y un 25% inferior a la de las de cemento y arcilla por lo que se trata de un material ligero.
4. La retracción sufrida por las probetas de cenizas a 7 días es pequeña comparada con la que experimenta la arcilla, que llega a ser hasta 6 veces superior. El cemento y la escayola no sufren una retracción apreciable.
5. El material que se obtiene de la mezcla de cenizas con agua tiene un comportamiento mecánico similar al de la arcilla, pero más ligero y sufre una menor retracción durante el curado.

6. Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado al amparo del proyecto del Programa FEDER-INNTERCONECTA ITC-20133075 “Aplicación de los residuos de la industria del papel y de neumáticos fuera de uso para la construcción de terraplenes ecológicos aligerados y otros materiales de construcción” convocado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad y cofinanciado con cargo al Fondo Tecnológico – Fondos FEDER. Se agradece a las empresas que forman el consorcio del proyecto: SACYR Construcción S.A.U., ENCE Energía y Celulosa, S.A., CYE Control y Estudios, S.L. y Xiloga S.L. toda la colaboración facilitada para la realización de este trabajo.

7. Referencias

- (AAA, 2013) Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- (Carrasco 2014) Carrasco, B Cruz, N Terrados, J Corpas, F A Pérez, L. An evaluation of bottom ash from plant biomass as a replacement for cement in building blocks. *Fuel*. 2014; 118:272-280.
- (Dahl, 2010) Dahl, Olli Nurmesniemi, Hannu Pöykiö, Risto Watkins, Gary. Heavy metal concentrations in bottom ash and fly ash fractions from a large-sized (246MW) fluidized bed boiler with respect to their finnish forest fertilizer limit values. *Fuel Process Technol.* 2010; 91(11):1634-1639.
- (MAM, 2002) Ministerio de Medio Ambiente. Lista europea de residuos. Anejo 2 de la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.

- (Modolo, 2013) Modolo, R.C.E. Ferreira, V M Tarelho, L A Labrincha, J A Senff, L Silva, L. Mortar formulations with bottom ash from biomass combustion. *Construction & building materials*. 2013; 45:275-281.
- (Nurmesniemi, 2012-1) Nurmesniemi, Hannu Mäkelä, Mikko Pöykiö, Risto Manskinen, Kati Dahl, Olli. Comparison of the forest fertilizer properties of ash fractions from two power plants of pulp and paper mills incinerating biomass-based fuels. *Fuel Process Technol.* 2012; 104:1-6.
- (Nurmesniemi, 2012-2) Nurmesniemi H. Forest fertilizer properties of the bottom ash and fly ash from a large-sized (115 MW) industrial power plant incinerating wood-based biomass residues. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 2012; 47(1):43-52.
- (RD, 2001) REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- UNE-EN 196-1: 2005 Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.
- (Vassilev, 2013) Vassilev, Stanislav Baxter, David Andersen, Lars Vassileva, Christina. An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase—mineral and chemical composition and classification. *Fuel*. 2013; 105:40-76.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Pablo Vázquez-Burgo
Teléfono: +34 981167000 (Ext. 5424)
E-mail: pablo.vazquez@udc.es