

# VALORIZACIÓN DE CENIZAS DE LODOS DE DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES COMO ADICIÓN EN MORTEROS (CONZEN)

Susanna Valls <sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Carmen Navarro

<sup>1</sup>Departament Enginyeria de la Construcció

**Palabras Clave:** Cenizas de lodo, adición, morteros, propiedades mecánicas, impacto ambiental.

## Resumen:

*El presente trabajo se basa en la utilización de ceniza de lodo de origen biológico procedente de la depuradora de aguas residuales de EDAR Galindo de Bilbao, como adición en la elaboración de morteros. La adición consistió en substituir parte de la dosificación de la arena por ceniza de lodo (CLD). Se han estudiado los efectos y las consecuencias que la ceniza de lodo (CLD) tiene en el sistema de pasta y morteros, valorando la incidencia de la ceniza para cumplir ciertos requerimientos de estabilidad, propiedades mecánicas y su impacto ambiental.*

*La ceniza de lodo de depuradora (CLD) es un residuo no inerte, pero a su vez, no tóxico, siendo actualmente en su mayor parte vertido en el vertedero.*

*Se han probado 5 mezclas de adición (0, 2.5, 5, 10, 15%) en peso de cemento tanto en pastas de cemento como en morteros, el cemento utilizado ha sido un CEM II/A-L 42,5 R.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En España, hoy en día el destino más habitual de los lodos de depuradora es para usos agrícolas, alrededor de un 54%, mientras que un 22% se dispone en vertedero y un 7% se incinera. El alto contenido de metales pesados presentes limita su uso en la agricultura aumentando así la cantidad de residuo al vertedero en forma de lodo seco. Por este motivo, es de creciente importancia la necesidad del desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas que permitan dar salida a este residuo.

Una de estas salidas para este residuo puede ser la incineración, la cual actualmente, en parte, se utiliza como materia primera en la fabricación de clínquer de Portland. La incineración es el sistema más caro para reducir el volumen de lodo entre un 70% y un 90%, el cual, una vez inerte se puede disponer en vertederos controlados. En cambio en países como Francia, Austria, Dinamarca y Suiza son añadidos en matrices cerámicas.

En los últimos años la producción de lodo ha ido creciendo y, a su vez, las posibles aplicaciones como la valorización energética, los compostajes y la agricultura, son insuficientes por su posible toxicidad. Resulta cada día más evidente el incinerar el lodo para obtener ceniza y, esta utilizarla en otras aplicaciones, como puede ser la reutilización como adición en morteros [1, 2] u hormigones en masa substituyendo parcialmente la arena. Por ello, ha estado determinante su capacidad de cumplir ciertos requerimientos de estabilidad, características mecánicas e impacto ambiental.

## 2. TEXTO

La valorización química de la ceniza de lodo de depuradora (CLD) muestra que se trata de un residuo con un potencial tóxico, clasificándolo según el ensayo de lixiviación de la norma de

prEN 12457-2 como no inerte, no obstante, los niveles detectados no superan los límites de residuo tóxico. Es necesario darle un valor añadido a este residuo y buscarle una aplicación que no sea el destino final del vertido. Este trabajo pretende buscar esta aplicación como es su adición en un material de construcción, (mortero u hormigón).

Para estudiar la influencia de la adición de CLD en las reacciones de hidratación del cemento Portland, se fabricaron cinco mezclas con diferentes porcentajes de CLD (0%, 2.5%, 5%, 10% y 15%). El cemento utilizado ha sido un cemento de adición de filler calizo, CEM II/A-L 42,5 R de Cementos Molins, y la ceniza ha sido previamente molturada y tamizada (tamiz 0,064 mm) para potenciar su reactividad puzolánica.

En trabajos anteriores se pone de manifiesto que las cenizas de lodo (CLD) pueden tener reactividad en mayor o menor medida. Según el ensayo para determinar la reacción puzolánica, norma UNE-EN 196-5, la ceniza (CLD) procedente del EDAR, Bilbao, tiene reactividad siempre que esta haya sido previamente molturada.

El trabajo ha consistido en tres fases experimentales, una primera correspondiente a la adición de CLD en pastas de cemento, una segunda como sustituto parcial de la arena en morteros y por último su valorización ambiental.

#### **1- *Pastas de cemento con adición de CLD:***

En esta primera fase se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de CLD disminuyendo de la misma manera la cantidad en peso de cemento, se necesita más agua para obtener la consistencia normal en la pasta de cemento (UNE EN 196-3), hecho que hace aumentar significativamente la relación agua/cemento en cada una de las dosificaciones.

Fontes, 2004 [1] atribuye la reducción de la trabajabilidad probablemente a la forma irregular de las partículas de ceniza y a la absorción de agua sobre la superficie de las partículas de ceniza de lodo. En cuanto al tiempo que transcurre entre el inicio y final de fraguado no varía mucho entre la dosificación de referencia, la del 2,5 y la del 5%, no obstante, a partir de la sustitución del 10% de CLD este tiempo aumenta considerablemente. Los resultados reflejan que a una mayor cantidad de CLD, mayor es el tiempo de inicio y final de fraguado.

#### **2- *Adición de CLD en morteros:***

En esta fase experimental para determinar la influencia de la adición de CLD en la mezcla para elaborar morteros, también se han utilizado diferentes porcentajes de ceniza con respecto al peso de cemento, pero en este caso manteniendo constante la cantidad del mismo cemento. La adición ha sido en sustitución parcial de la arena. Teniendo en cuenta los resultados de las pastas de cemento, en donde se observaba un incremento de la demanda de agua asociado al aumento del porcentaje de la adición de CLD, que a su vez, incrementa el tiempo de fraguado, se considera mantener constante la relación agua/cemento. Los morteros han sido ensayados a flexotracción y a compresión a 7, 14 y 28 días.

Los valores obtenidos a 7 días tanto de la resistencia a flexotracción como a compresión entre las dosificaciones con ceniza y la de referencia son similares. No obstante, a 28 días los morteros con un 10 y 15% de adición de CLS muestran una mayor resistencia a compresión que el mortero de referencia (0% de CLD). Estos datos corroboran trabajos en los que se afirma que a partir del sexto día de curado se compensa el efecto retardador e incrementando su resistencia [2].

Tabla de resultados de los ensayos a flexotracción y compresión de los morteros con adición de CLD.

Muestra	Flexotracción (MPa)			Compresión (MPa)		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
Referencia	6,62	6,8	6,89	35,24	37,22	48,84
2,5%	7,15	7,4	7,38	35,81	50,5	47,67
5%	7,12	7,53	7,55	35,92	47,34	53,27
10%	6,81	9,56	8,64	35,17	50,54	59,48
15%	6,62	9,08	9,67	36,29	55,72	63,57

### 3- Impacto ambiental de los morteros con adición de CLD:

Los morteros elaborados en la fase de caracterización mecánica han sido ensayados para determinar su *impacto ambiental*, teniendo en cuenta que el residuo (CLD) se clasifica como residuo no inerte. Los ensayos de lixiviación (prEN 12457-2) de los morteros con adición de cenizas de lodo de depuradora (CLD) fueron elaborados a la edad de 60 días de su fabricación y así poder clasificar el material para su última disposición.

Las concentraciones obtenidas en los morteros tanto de los metales pesados como de los sulfatos, cloruros y fluoruros analizados están por debajo de los valores límite admitidos por la Directiva para los residuos inertes.

El cemento Portland es el ligante hidráulico más utilizado en la estabilización y solidificación de residuos, cuya composición en el proceso de hidratación conlleva a formar una estructura sólida y porosa que permite englobar los contaminantes del residuo en su estructura cristalina. Una de las grandes ventajas del proceso es el medio alcalino que el sistema crea (pH próximo a 12,5 a 13,5). Esta alcalinidad afecta directamente al proceso de lixiviación, sobre todo en las especies metálicas contenidas en el mismo residuo, CLD. Este sistema alcalino influye en la formación de hidróxidos insolubles, la adsorción de metales pesados en la superficie del silicato cálcico hidratado, la inserción de ciertos metales en las fases hidratadas del cemento Portland, y la simple retención física en la estructura porosa [3].

Estamos en una sociedad cada vez más exigente en la calidad de las aguas, teniendo en cuenta el impacto ambiental que provoca el aumento de los lodos producidos de depuración y la creciente demanda y construcción de estaciones depuradoras, con la consecuente acumulación de estos residuos en vertederos, pone de manifiesto la importancia de estudios que propongan soluciones sostenibles al destino final de los lodos que provienen de las EDAR. La incineración reduce notoriamente el volumen de estos residuos dando como resultado cenizas de lodo. Una buena gestión de los residuos nos ha de permitir reducir las cantidades de estos destinados a vertederos y garantizar las opciones de reciclaje y valoración.

Este estudio demuestra la viabilidad de su uso como adición, dando una nueva salida a la gestión de este residuo. Por consiguiente las empresas COMSA, PROMSA y ZICLA han sido las promotoras de este estudio y en la actualidad han ejecutado una obra como prueba piloto con dicho material. El control de obra muestra que el hormigón con un 5% de adición de ceniza como sustituto de la fracción arena presenta mejores prestaciones mecánicas que el hormigón de referencia sin adición de CLD.

El material (hormigón con adición de ceniza de lodo como sustituto parcial de la fracción arena) fue bautizado con el nombre de CONZEN, y recibió mención a premio como producto de la construcción en la última edición de Construmat-2011.

## REFERENCIAS

- [1 ] C.M.A. Fontes, M.C. Barbosa, R.D. Toledo Filho, J.P Gonçalves, (2004). Potentiality of sewage sludge ash as mineral additive in cement mortar and high performance concrete; Rilem conference.
- [2 ] P. Garcés, M. Pérez Carrión, E. García- Alcocel, J. Payá, J. Monzó, M.V. Borrachero.(2008). Mechanical and physical properties of cement blended with sewage sludge ash. *Waste Managment*, 28 p. 2495-2502.
- [3 ] S. Valls (1999). Estabilización física y química de los lodos de depuradora de aguas residuales y material de demolición para su utilización en Ingeniería Civil. Tesis Doctoral.
- [4 ] Cyr Martin, M. Coutand, P. Clastres (2007). Technological and environmental behaviour of sewage sludge ash (SSA) in cement – based materials; *Cement and Concrete Research*; Vol 37; 9; pp. 1278-1289.