



Economía circular aplicada a cuatro industrias

- Valorización de residuos de las industrias del agua y de la energía en productos para las industrias de los fertilizantes y de la construcción

Marisa Carmona¹, Ángel Encinas², Miguel Ángel Bueno³, Ascensión Ciruelos⁴

¹INTROMAC | www.intromac.com ■ ²Aqualia | www.aqualia.es ■ ³DISAIM | www.disaim.es ■ ⁴CTAEX | www.ctaex.com

El proyecto LIFE iCirBus-4Industries tiene como principal objetivo mejorar la sostenibilidad de la gestión de los residuos generados en las plantas de energía a partir de biomasa

(cenizas volantes) y de las estaciones depuradoras de agua residual (EDAR) (lodos de depuradora), con un impacto importante en el medio ambiente.

En concreto, el proyecto demuestra las posibilidades de utilización de es-

tas cenizas volantes como agente adsorbente de metales pesados y otros compuestos orgánicos peligrosos contenidos en los lodos de depuradora, con el fin de utilizarlos posteriormente como fertilizantes de bajo im-

pacto. En una segunda etapa, las cenizas volantes utilizadas como adsorbente se valorizan como materiales de construcción reciclables.

El proyecto pretende poner en práctica el concepto de economía circular a través de acciones centradas en el uso en cascada de los residuos de las industrias regionales de energía de biomasa y depuración de aguas, para convertirse en nuevos productos ecológicos validados para las industrias de materiales de construcción y fertilizantes.

En este sentido, el proyecto propone una estructura inter-industrial de colaboración innovadora o "simbiosis industrial" que permite reducir la cantidad de residuos locales, aumentar la producción, además de la competitividad de la economía regional de una manera sostenible y a largo plazo. También se beneficia de los ahorros logísticos, por trabajar a nivel regional, e integra medidas de eficiencia adicionales para el uso optimizado de energía, agua y materiales.

PROTOTIPO A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL PARA PEQUEÑAS DEPURADORAS

El elemento central de este proyecto de economía circular es el desarrollo de un prototipo para reducir el contenido en metales pesados de los lodos de depuradora mediante el uso de las cenizas volantes de biomasa como material adsorbente. El diseño del prototipo tiene en cuenta que, al finalizar el proceso de adsorción, tanto los lodos como las cenizas deben poder ser separados para su posterior utilización en las subsiguientes etapas como productos valorizados, resultando un proceso de cero residuos.

El prototipo fue diseñado como una etapa intermedia dentro de la línea de lodos de una EDAR urbana convencional, en concreto, entre la etapa de espesamiento de lodos y la etapa de des-

hidratación final, donde el contenido de humedad del lodo permite una mejor operación del proceso de adsorción.

La principal problemática encontrada durante el diseño del prototipo fue conseguir, por un lado, un contacto íntimo entre los lodos y las cenizas durante el proceso de adsorción y, por otro lado, poder recuperar ambos de forma sepa-

El proyecto demuestra las posibilidades de utilización de las cenizas volantes como agente adsorbente de compuestos peligrosos de los lodos de depuradora, con el fin de utilizarlos posteriormente como fertilizantes de bajo impacto y, a su vez, las cenizas como materiales de construcción

rada para su posterior valorización. Debido a la similar granulometría de ambos materiales que imposibilitan su separación física por gravedad, se opta por acondicionar previamente las cenizas mediante un proceso de agregación que permita mantener, e incluso mejorar la microestructura porosa de las cenizas manteniendo la efectividad del proceso de adsorción, a la vez que posibilita su posterior separación para su valorización.

Con estos condicionantes y teniendo en cuenta la optimización energética del proceso, el diseño final del prototipo consistió en un tanque cilíndrico a la salida del espesador de lodos de la EDAR, en el que seis cartuchos cilíndricos de rejillas, situados verticalmente, contienen el material adsorbente agregado a partir de las cenizas volantes, permitiendo el contacto directo con el lodo espesado de la depuradora. Para favorecer este contacto, se cuenta con un sistema de agitación tipo hélice con eje central. Todo el sistema está automatizado y controlado por un cuadro de control, sin apenas necesidad de personal.

El prototipo opera en modo discontinuo o batch con las condiciones de operación determinadas previamente en laboratorio: tiempo de agitación, proporción lodos/cenizas y ciclos de reutilización del adsorbente hasta su colmatación.

Una vez finalizado cada ciclo de adsorción, el lodo, ya con menor contenido en metales pesados, es descargado del prototipo hasta la siguiente etapa de la línea de lodos de la EDAR, la deshidratación. Por su parte, una vez colmatado el material adsorbente, los cartuchos que contienen estos agregados de cenizas se descargan para su posterior valorización como material de construcción.

VALORIZACIÓN DE Lodos DE DEPURADORA COMO BIOFERTILIZANTES DE BAJO IMPACTO

El uso de los lodos de depuradora en la agricultura es una de las soluciones que contempla la Unión Europea para estos residuos, considerándolo una práctica de economía circular en la que el residuo pasa a convertirse en recurso. Una de las principales cuestiones a tener en cuenta en el empleo de los lodos de depuradora en terrenos agrarios

es que estos puedan contaminar el suelo y afectar a la cadena alimentaria. Los principales riesgos de emplear este tipo de fertilizantes elaborados a partir de lodos es su contenido en microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos, fundamentalmente metales pesados. Este tipo de metales, al contrario que ocurre con los contaminantes orgánicos o los patógenos, no se llegan a destruir, sino que se acumulan en el suelo y pueden terminar pasando a distintos organismos hasta llegar a los humanos.

El proyecto LIFE iCirBus-4Industries aporta una solución integral al uso agrícola de los lodos, consiguiendo una reducción media de hasta el 25 % en el contenido de metales pesados en el lodo tras su tratamiento con las cenizas volantes. Esta reducción puede llegar a ser muy significativa en los casos donde se sobrepasan los lími-

tes del RD 1310/1990 por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

Este lodo tratado, además, se ha utilizado en la fabricación de un fertilizante orgánico mediante el proceso de compostaje controlado microbiológicamente "en pila". Este proceso de descomposición aeróbica reduce el contenido en microorganismos patógenos hasta los límites permitidos por la legislación española para los fertilizantes elaborados con residuos (RD 506/2013 sobre productos fertilizantes, en su Anexo VI), obteniéndose como resultado un fertilizante que cumple con los requisitos establecidos en dicho real decreto para poder denominarse y comercializarse como enmienda orgánica compost.

La capacidad fertilizante del compost así obtenido se ha validado en campo sobre diferentes cultivos de cereales de verano e invierno (maíz,

trigo, cebada y avena) frente al tratamiento fertilizante convencional y a la aplicación directa en suelo agrícola del lodo tratado.

En las dos campañas de cereales testadas hasta el momento, 2018 y 2019, no se han encontrado diferencias significativas en cuanto al rendimiento agrícola, ni en la calidad del grano entre los tratamientos con compost, con lodo directo y los de fertilización convencional para este tipo de cultivos, alcanzándose valores similares a los habituales para estos cultivos.

VALORIZACIÓN DE CENIZAS VOLANTES COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RECICLADOS

Se ha estudiado la viabilidad técnica de utilizar los agregados de cenizas





zas, tras la adsorción de metales, como posibles áridos artificiales a utilizar en la fabricación de hormigón para paneles prefabricados.

Se investigaron propiedades físicas y químicas relativas a su composición, superficie, microestructura y características señaladas bajo normativa UNE-EN para su aplicación como áridos en hormigones. La caracterización medioambiental también se realizó para controlar la posible eliminación de los metales pesados.

El análisis de fases cristalinas por DRX confirmó la presencia de alta cantidad de Ca y Si, bajo la forma de diferentes minerales tales como calcita y sílice. La presencia de estos dos minerales está perfectamente justificada debido a la composición fundamental de las cenizas utilizadas, las cuales son mayoritariamente de naturaleza silíceas con altos porcentaje de cuarzo en su composición. En cuanto a la calcita, esta se encuentra presente debido a la carbonatación experimentada por el acondicionamiento de las cenizas, fenómeno por el cual se produce el fraguado y endurecimiento.

Los parámetros determinados en las muestras de los agregados, se encuentran dentro de los límites especificados por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, para su uso como árido ligero en la fabricación de hormigones o morteros ligeros.

Cuando se compara la concentración de metales pesados y otras sustancias liberadas al medio, mediante procesos de lixiviación, con los límites indicados para residuos inertes, según la Decisión 2033/33/CE, todos los parámetros se encuentran por debajo de los niveles que marca esta directiva, excepto el contenido en sulfatos, este parámetro aún no debe considerarse como limitante, hasta que no se dispongan de datos de lixiviación del producto final con los agregados integrados en una matriz de cemento.

Realizada la caracterización de los agregados como áridos ligeros, se diseñó un material en base cemento para paneles prefabricados, analizando sustituciones de los áridos naturales por los agregados de cenizas y determinando la influencia de esa sustitución en las propiedades del hormigón.

Los resultados obtenidos hasta el

momento, indican que sustituciones próximas al 10% del árido natural por agregado de cenizas en el hormigón seleccionado, no influyen de forma negativa en propiedades como consistencia y resistencia mecánica. Actualmente se continúa la investigación para determinar la influencia de la sustitución en propiedades tales como densidad, comportamiento térmico y acústico.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto LIFE iCirBus-4Industries ha recibido fondos del Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima LIFE, instrumento financiero de la Unión Europea dedicado al medio ambiente. El proyecto fue aprobado en la convocatoria 2014 con un presupuesto de más de dos millones de euros y tiene previsto finalizar en diciembre de 2020. Las entidades participantes son: INTRO-MAC, CTAEX, Aqualia, DISAIM Ingeniería, ENCE Energía Extremadura, Agencia Extremeña de la Energía, Estructuras y Placas Extremadura y Gestión Global.

Este artículo refleja solo la opinión de los autores y ni EASME ni la Comisión Europea son responsables del uso que pueda hacerse de la información que contiene. ●