

Uso de la escoria como Absorbentes para eliminar el fósforo de las aguas residuales

Yenzi Guevara Hernández¹

¹Ingeniera Química, MSc. Project Management for Environmental and Energy Engineering (PM3E) en Nantes, Francia. Pasantía en la Rama de Gestión Ambiental en la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en Austria, Viena.

RESUMEN

El fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento y la existencia de las plantas acuáticas y otros organismos naturales. Sin embargo, si el fósforo se encuentra presente en exceso, puede provocar efectos secundarios tales como la sobreestimulación del crecimiento de plantas y algas, creando problemas de calidad de agua. Hay una variedad de tecnologías, que se puede utilizar para la eliminación de fósforo en el tratamiento de aguas residuales. La tecnología de interés en este trabajo es remoción de fósforo utilizando escorias producidas por la industria

del acero. El enfoque ofrece la oportunidad para el reciclaje, así potencialmente da una forma para que el fósforo sea utilizado dentro de una estrategia sostenible. Con base en el proyecto de investigación de "Uso de la escoria como Absorbentes para eliminar el fósforo de las aguas residuales (SLASORB)" [1,2] llevado a cabo en Europa, somos capaces de hacer un mayor desarrollo de la técnica para evaluar sus posibilidades técnicas y económicas de una manera diferente región.

Palabras clave: Escorias de acero, fósforo, equivalente de personas, humedales, construidos de flujo vertical.

ABSTRACT

Phosphorus (P) is an essential nutrient for the growth and existence of aquatic plants and other natural organisms. However, if P is present in excess, it can provoke side-effects such as the over-stimulation of plant and algae growth creating water quality problems.

There are several technologies which can be used for the P removal in wastewater treatment. The technology of interest in this work is P removal using slags produced in

the steel industry. The approach offers an opportunity for recycling and gives a potential way to use P within a sustainable strategy. Based on the research project "Using Slag as Sorbent to Remove Phosphorus from Wastewater (SLASORB)" [1,2] carried out in Europe, we can make further development on the technique to evaluate its technical and economic feasibilities in a different region.

Key words: Steel Slag, Phosphorus, People equivalent, Vertical flow constructed wetlands.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente artículo es evaluar la factibilidad de utilizar subproductos (i.e. escoria) de la industria de acero para la remoción de compuestos fosfóricos presentes en los efluentes de aguas residuales. China es el mayor productor de acero a nivel mundial y por ende también de escoria. La escoria es un subproducto generado por la industria de acero

que tiene el potencial de ser reciclado para fines benéficos, a pesar de ello el porcentaje actualmente reciclado no supera el 20%. Por esta razón se seleccionó China como país objetivo para una posible implementación de este tipo de tecnología. Un análisis tanto técnico como económico fue llevado a cabo para determinar el potencial de este proyecto.

SISTEMA FRANCÉS

El fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento y existencia de plantas acuáticas y otros organismos. Sin embargo, si el fósforo se encuentra en cantidades excesivas puede provocar efectos secundarios como problemas en la calidad de agua y sobreestimulación de las plantas.

Actualmente hay diversas tecnologías, las cuales pueden ser utilizadas para la remoción de fósforo en el tratamiento de aguas residuales. Esta tecnología promueve el reciclaje y al mismo tiempo genera una oportunidad para la implementación de una estrategia sostenible.

Como se mencionó anteriormente, este estudio está basado en un proyecto existente de escala completa en el que se utilizó filtros de escoria para la remoción de fósforos. Este sistema se encuentra ubicado en el sureste de Francia y cuenta con una capacidad de

tratamiento de 1200 personas equivalentes. El sistema propuesto es una etapa terciaria que va después de dos etapas continuas de humedales de flujo vertical sembrados con cañaverales (i.e. VFCW por sus iniciales en inglés "Vertical Flow Constructed Wetland"). Esta planta presentó una buena eficiencia de tratamiento en la mayoría de los parámetros, excepto en fósforo (menor a 30%). Dada la baja eficiencia del sistema en cuanto a remoción de fósforos, se determinó un nicho para llevar a cabo la implementación de una tercera etapa de flujo horizontal saturado; diseñada para remover fósforos del efluente utilizando filtros de escoria.

Como se muestra en la Figura 1, el proceso es el siguiente: primero, el flujo de entrada pasa por una etapa de filtrado, luego por el tratamiento vertical de humedales y por último el efluente pasa a ser tratado por los filtros de escoria.

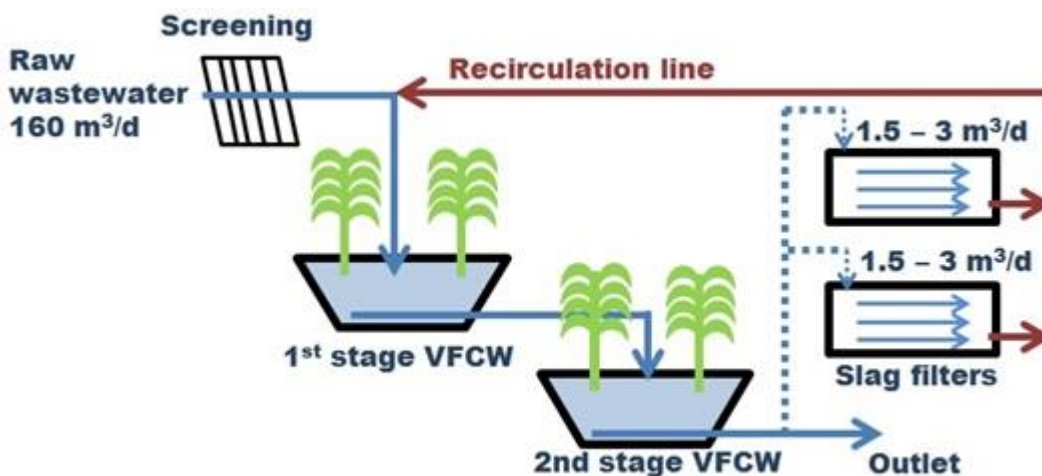


Figura 1 – Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales. adaptado de Barca et al., (2013)

Este sistema presentó una eficiencia aproximada del 50% en la remoción de fósforos por medio de filtros de escoria como etapa terciaria.

MECANISMO DE REMOCIÓN DE FÓSFOROS

El fenómeno de precipitación es el mecanismo principal responsable para la remoción de

fósforos; seguido de un proceso de adsorción en los filtros de escoria de acero [3]. Como se muestra en la Figura 2, el primer paso del mecanismo consiste en la disolución de Oxido de calcio (CaO), lo cual produce iones Ca^{+2} y OH^- como se observa en la reacción 1.

La remoción de fósforos ocurre vía precipitación de los complejos Ca-fosfato, de acuerdo con las siguientes reacciones:

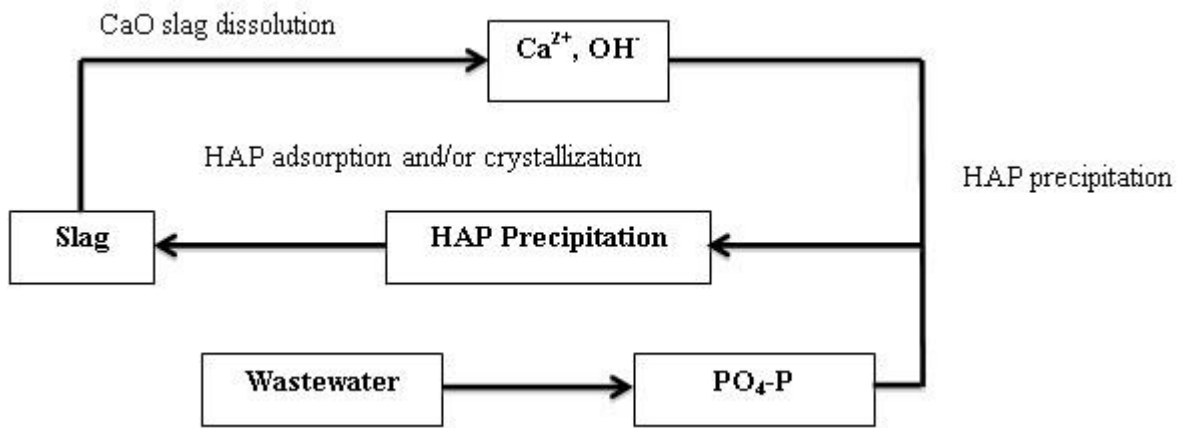
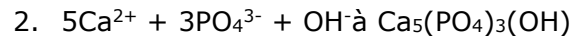


Figura2 – Mecanismo supuesto de remoción de PO₄-P

METODOLOGÍA

Como se muestra en la Figura 3, primero se llevó a cabo una revisión de la producción mundial de acero en el mundo. Una vez obtenidos los datos de la asociación mundial de acero, por sus siglas en inglés WSA "World Steel Association" se seleccionó una región.

Luego se procedió a escoger las empresas de esa región con los volúmenes de producción más grandes. Después se seleccionaron las plantas de tratamiento de agua residual cercanas a las empresas de acero; esto con el fin de minimizar los costos de transporte de la escoria. Por último, se procedió a realizar el estudio de factibilidad del caso de estudio.



Figura3 – Metodología

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

Primero que nada, cabe mencionar que el tamaño requerido de los filtros de escoria dependerá en su mayoría de las propiedades del efluente.

Se llevó a cabo una comparación de las propiedades fisicoquímicas de la escoria de acero proveniente de Francia con la escoria generada en China con el fin de asegurar un desempeño similar de los filtros en la remoción

de fósforos (i.e. el tamaño de la escoria es una propiedad clave para propiciar un área de

contacto mínimo entre el adsorbente y los compuestos fosforados).

Un análisis de las propiedades de las aguas residuales fue llevado a cabo, dado que propiedades como pH pueden afectar el mecanismo de remoción de fósforos y puede conllevar a resultados indeseados.

Otra de las propiedades a tomar en cuenta fue la temperatura, la cual es un elemento determinante, dado que el clima en Francia es diferente que, en China, el desempeño del sistema puede variar. La eficiencia de precipitación de complejos Ca-fosfato aumenta cuando hay un incremento en la temperatura ambiente. Este es un parámetro importante que determinará en gran parte la factibilidad de que el sistema puede ser implementado o

CONCLUSIONES

El uso de escoria de acero como medio filtrante para la remoción de fósforos presentes en aguas residuales en China fue evaluado y se puede concluir lo siguiente:

1. China tiene el potencial de implementar dicha tecnología debido a la extensa producción de escoria en la industria de acero.
2. La composición química promedio de escoria de acero en China es adecuada para remover fósforos mediante el mecanismo presentado.
3. La implementación de dicha tecnología brinda la oportunidad a empresas

BIBLIOGRAFÍA

1. Barca, C., Troesch, S., Meyer, D., Drissen, P., Andreis, Y. and Chazarenc, F. (2013) *Steel slag filters to upgrade phosphorus removal in constructed wetlands: Two years of field experiments*. *Environmental Science and Technology* 47(1), 549-556.
2. Barca, C., Gérente, C., Meyer, D., Chazarenc, F. and Andrès, Y. (2012) *Phosphate removal from synthetic and real wastewater using steel slags produced in Europe*. *Water Research* 46(7), 2376-2384.

no, dado que en algunas de las regiones seleccionadas se registran temperaturas bajo cero.

Por último, se realizó un análisis económico del sistema propuesto en comparación con una tecnología convencional para el tratamiento de fósforos. Tomando en cuenta los costos de transporte, construcción del sistema, mantenimiento, compra de escoria de acero entre otros.

dedicadas a la manufactura de acero y a plantas de tratamiento de aguas residuales de trabajar en sinergia y con ello poder minimizar el impacto ambiental de los procesos actuales. Esta sinergia tiene el potencial de reducir la concentración de fósforos en los efluentes provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y al mismo tiempo de cumplir con las regulaciones municipales. En general, el sistema fomenta el desarrollo sostenible en la industria para minimizar a cero la cantidad de desechos.

3. Woolley, G., Goumans, J. J., &Wainwright, P. J. *Waste Materials in Construction: Science and Engineering of Recycling for Environmental Protection*.