

CONTROL ÓPTIMO DE BIORREACTORES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Germán Buitrón Méndez¹ y Jaime Moreno Pérez²,

Instituto de Ingeniería, UNAM, Coordinación de Bioprocesos Ambientales¹ y Automatización²
C.U. Ap. Postal 70-472, CP 04510 Coyoacán México DF, Fax: 5-616-2798 Email: gmb@pumas.iingen.unam.mx

Palabras clave: *Proceso SBR, automatización, control óptimo.*

Introducción. Los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales deben satisfacer, por un lado, los requerimientos cada vez mayores de las leyes ecológicas y, por otra parte, es necesario minimizar los costos de construcción y operación, que cada vez juegan un papel más importante en la economía de la industria. Para poder satisfacer estos requerimientos son necesarias, además de procesos de tratamiento eficaces, estrategias de control adecuadas. El tratamiento de las aguas industriales residuales que contienen compuestos orgánicos tóxicos, tales como las producidas en las industrias químicas y petroquímicas, es difícil de realizar por métodos biológicos. Muy pocas instalaciones de tratamiento de este tipo de aguas operan satisfactoriamente. Es claro que los métodos tradicionales, como los procesos continuos de lodos activados, tienen serias dificultades para satisfacer los requerimientos exigidos a los efluentes. Los procesos discontinuos, en particular los Reactores Discontinuos Secuenciales (conocidos como SBR o "Sequencing Batch Reactors"), han demostrado su eficiencia y flexibilidad en el tratamiento de aguas residuales con altas concentraciones de sustancias tóxicas (1).

En este trabajo se propone una nueva estrategia de control para los sistemas SBR, que elimina una gran cantidad de desventajas e incrementa todas las variables de proceso del sistema. La idea básica consiste en implantar una ley de control que minimice el tiempo de reacción. Se propone utilizar la concentración de oxígeno disuelto en el agua para estimar las variables de estado necesarias para realizar la ley de control óptima.

Metodología. Se utilizó un reactor de 7 litros de volumen útil de operación para tratar agua sintética con 4-clorofenol, 4CP, (175 mg/l) y nutrientes. La forma de operación óptima está basada en la ley de control de tiempo mínimo para el biorreactor. El objetivo de tal control es realizar las fases de llenado y de reacción en el menor tiempo posible, utilizando como variable de control el flujo de entrada de agua al reactor. Se utiliza la medición de la concentración de oxígeno disuelto para estimar, mediante la utilización de un observador de estados no lineal, las otras dos variables de estado (concentración de la biomasa y del tóxico). El controlador óptimo y el observador fueron implantados en una computadora personal en SIMULINK, MATLAB (2).

Resultados y discusión. Se operó el reactor bajo la estrategia óptima obteniéndose excelentes resultados. En la figura 1 se muestra la evolución del sustrato para dos ciclos de operación. Se comparan los datos obtenidos experimentalmente con los generados por el sistema óptimo.

Se observa que el modelo está bien calibrado pues los valores estimados de la concentración de sustrato son bastante similares a los experimentales. Se observó que durante la operación del reactor bajo la estrategia óptima, el tiempo de reacción decreció hasta estabilizarse en alrededor de 1 hora, manteniendo eficiencias de remoción de 4CP superiores a 99%. Además se observaron excelentes propiedades de sedimentabilidad de los lodos (IVL < 50 ml/g).

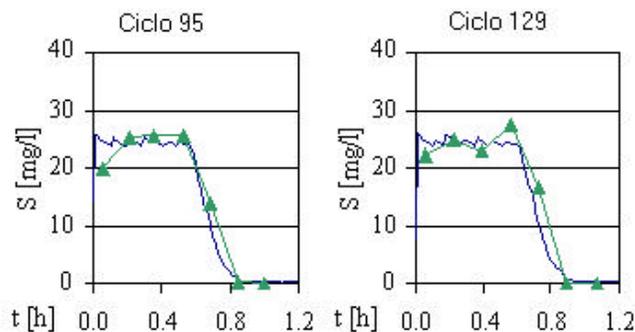


Figura.1 Evolución de la concentración del sustrato utilizando la estrategia de control de tiempo óptimo. (Δ) Concentración real y (--) Concentración estimada

Conclusiones. Los resultados experimentales presentados anteriormente permiten concluir que la estrategia de control óptimo, basada en un observador de estados, puede ser efectivamente implantada en un reactor piloto. En general, con el uso de esta metodología se mejoran la eficiencia de degradación y todas las variables de proceso del reactor. Se encontró que existe una reducción del tamaño del tanque de reacción entre 30 y 50% cuando se compara con la estrategia usual. El reactor biológico al ser más pequeño y mejor controlado su funcionamiento, requerirá una menor cantidad de energía para operar.

Agradecimiento. Se agradece el apoyo financiero otorgado al proyecto por DGAPA (IN112800)

Referencias.

1. Buitrón G. y Ortiz J. (1997) Biodegradation of phenolic compounds with a sequencing batch reactor. *Proc. 52th Industrial Waste Conference*, Purdue University, Section 7, Chapter 27.263-269.
2. Vargas A., Soto G., Moreno J. y Buitrón G. (2000) Observed based time-optimal control of an aerobic SBR for chemical and petrochemical wastewater treatment. *Water Science and Technology*, **42** No. 5-6, 163-170