

# ANÁLISIS POR SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÁCTEOS

José Peralta<sup>1</sup>, Miguel Rosal<sup>1</sup>, Carlos Córdoba<sup>1</sup>, Graciela Trombini<sup>1</sup>.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María.  
Avda. Universidad 450, (5900) Villa María, Córdoba, Argentina, [josperalta@yahoo.com](mailto:josperalta@yahoo.com)

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados constituye una de las tecnologías de mayor aplicación en la biodegradación aeróbica de efluentes urbano-domiciliarios e industriales. Básicamente consiste en una instalación integrada por un reactor biológico donde la materia orgánica es transformada en biomasa, la cual es luego separada en un sedimentador secundario que clarifica el efluente tratado y desde el cual una cierta cantidad de lodos se recircula a la corriente de alimentación al reactor (Peralta J. y otros, 2011, 2012) (Fig. 1). Para lograr un funcionamiento eficiente del proceso en régimen estacionario es necesario un control riguroso de sus variables, siendo por lo tanto muy importante conocer exactamente el comportamiento dinámico del sistema para poder contrarrestar rápidamente las variaciones que afecten la estabilidad del mismo. El objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento dinámico del proceso de lodos activados usando como herramienta la simulación (Gil Rodríguez, M., 2005). Se propone la evaluación de la capacidad del proceso para satisfacer en el efluente del clarificador secundario los valores especificados de sólidos suspendidos totales (SST) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) para el vertido a colectoras cloacales, frente a perturbaciones de variables de entrada (caudal, DBO, SST).

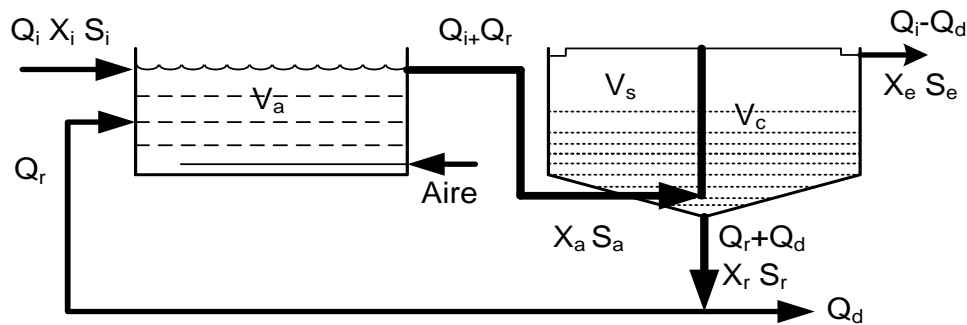


Fig. 1: Proceso de lodos activados

## DESARROLLO METODOLÓGICO

Se utilizó el modelo propuesto por Gil Rodríguez (2005), compuesto por las ecuaciones (1) a (6) que describen las salidas del reactor biológico  $S_a$  (SST) y  $X_a$  (DBO), y del sedimentador secundario, constituidas por la corriente de clarificación  $S_e$  (SST) y  $X_e$  (DBO) y la corriente inferior de lodos  $S_r$  (SST) y  $X_r$  (DBO).  $Q_i$ ,  $Q_r$ ,  $Q_d$  representan los caudales en distintos puntos del sistema (Fig. 1)

$$\frac{dS_a}{dt} = \frac{Q_i}{V_a}(S_i - S_a) + \frac{Q_r}{V_a}(S_r - S_a) - \frac{\mu M}{Y} \frac{S_a}{S_a + K_s} X_a + (1 - f_p) K_d X_a \quad (1)$$

$$\frac{dX_a}{dt} = \frac{Q_i}{V_a}(X_i - X_a) + \frac{Q_r}{V_a}(X_r - X_a) + \frac{\mu M S_a}{S_a + K_s} X_a - K_d X_a \quad (2)$$

$$\frac{dS_e}{dt} = \frac{Q_i - Q_d}{V_c}(S_a(t-c) - S_e) - \frac{S_e}{V_c} \frac{dV_c}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{dX_e}{dt} = \frac{Q_i - Q_d}{V_c}(Z(t-c) X_a(t-c) - X_e) - \frac{X_e}{V_c} \frac{dV_c}{dt} \quad (4)$$

$$\frac{dS_r}{dt} = \frac{Q_r + Q_d}{V_s}(S_a(t-s) - S_r) - \frac{S_r}{V_s} \frac{dV_s}{dt} \quad (5)$$

$$\frac{dX_r}{dt} = \frac{Q_r + Q_d}{V_s} \left( \frac{Q_i(t-s) + Q_r(t-s) - Z(t-s)(Q_i(t-s) - Q_d(t-s))}{Q_r(t-s) + Q_d(t-s)} X_a(t-s) - X_r \right) - \frac{X_r}{V_s} \frac{dV_s}{dt} \quad (6)$$

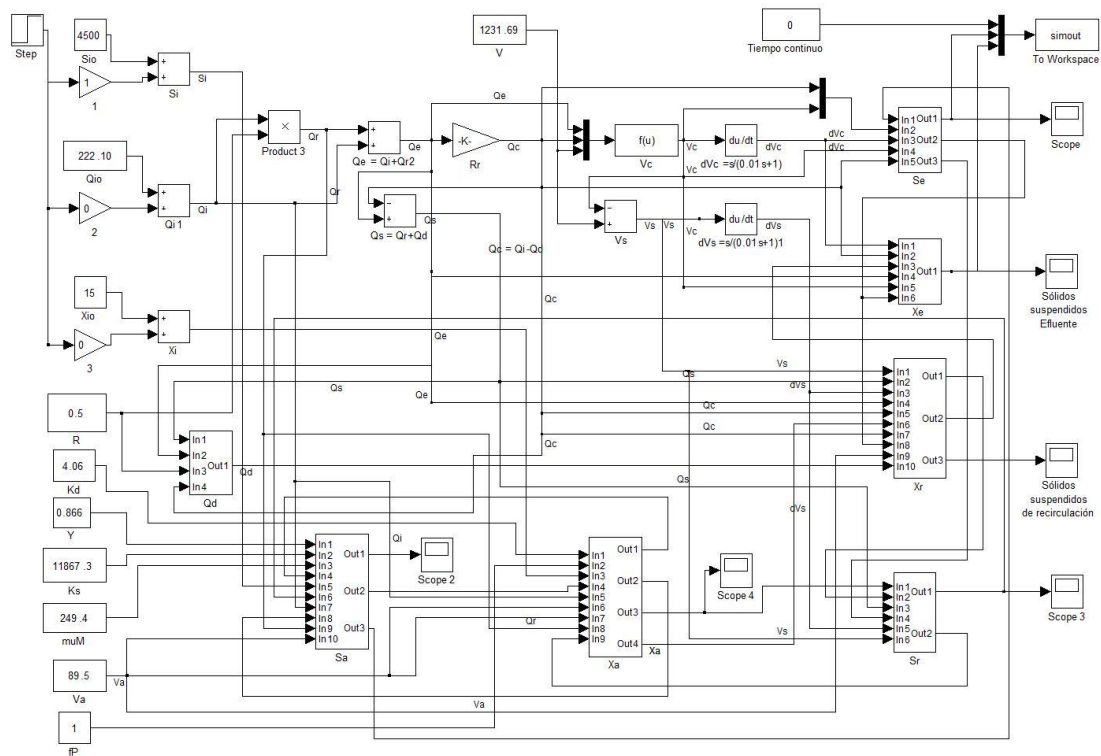


Fig. 2. Diagrama en Simulink del proceso de tratamiento aeróbico y sedimentación

Para la simulación se utilizó el programa Simulink, una herramienta interactiva para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos (Finlayson, 2006; Beucher y Weeks, 2008). El programa permite construir diagramas de bloque gráficos, desarrollar algoritmos, analizar simulaciones para evaluar el rendimiento del sistema y refinar sus diseños (Fig. 2). Para las variables de diseño se usaron los valores obtenidos por Peralta y otros (2011, 2012) que se muestran en la Fig. 2.

En régimen estacionario, para un caudal de alimentación de 333 m<sup>3</sup>/h con 4500 mg de O<sub>2</sub>/L de DBO y 2230 mg/L de SST se obtuvieron valores de salida de 200 mg de O<sub>2</sub>/L de DBO y 49.9 mg/L de SST. Considerando una variable cada vez, se simularon perturbaciones, luego de 100 horas de funcionamiento, en los parámetros de entrada en un rango de 0 a 25 % del valor inicial. Se analizó el comportamiento de los SST y la DBO en la corriente de vertido del clarificador secundario frente a las especificaciones fijadas para ese punto, a los fines de evaluar la capacidad del sistema para cumplir con la normativa vigente.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Las Fig. 3 y 4 muestran que modificando la DBO de entrada, la DBO de salida sufrió un aumento brusco alcanzándose un pico a pocas horas de producida la perturbación. Para la mayor variación (+25%) la DBO de salida, aumentó más del 20 % por encima del valor inicial previo a la perturbación (Fig. 3a) y si bien el sistema muestra cierta recuperación luego de 24 horas tanto para esta desviación como para otras menores, su capacidad para cumplir con las especificaciones de volcamiento se ve disminuida.

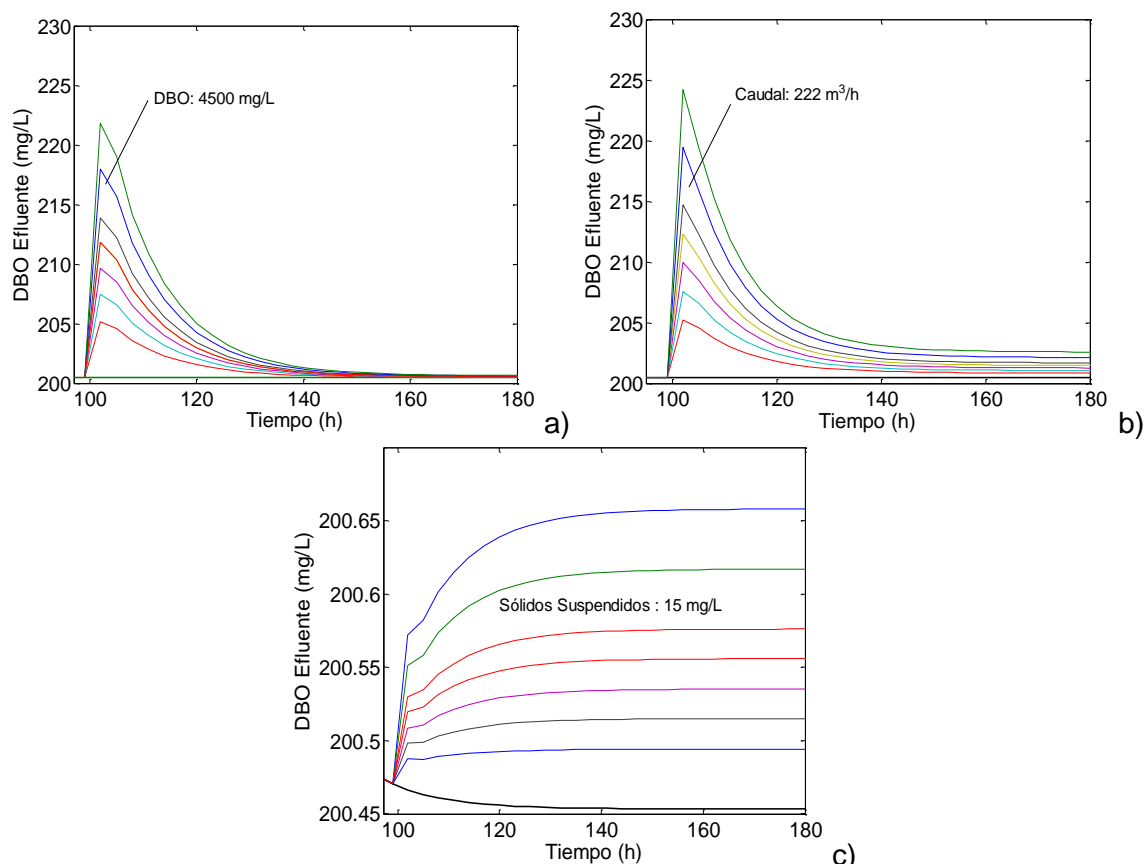


Fig. 3. Variación de DBO del efluente al cambiar, a) la DBO, b) el Caudal y c) los SST de entrada en 0, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20 y 25% del valor inicial

Al considerar el caudal de entrada como variable, el comportamiento del sistema en cuanto a la DBO, resultó similar al anterior (Fig. 3b) con una disminución mayor de la capacidad del sistema. La simulación de una perturbación sobre los SST a la entrada muestra no tener efecto significativo sobre la DBO de salida.

Al evaluar la capacidad para cumplir especificaciones sobre los SST se observa que el aumento de SST de entrada al sistema prácticamente no afecta la concentración a la salida (no supera el máximo de 50 mg/l) (Fig. 4a) mostrando que la capacidad del sistema es adecuada para este caso. La mayor desviación se presenta cuando aumenta el caudal de entrada disminuyendo significativamente la capacidad del sistema para cumplir con las especificaciones de SST sin mostrar recuperación mientras se mantiene la perturbación. (Fig. 4b).

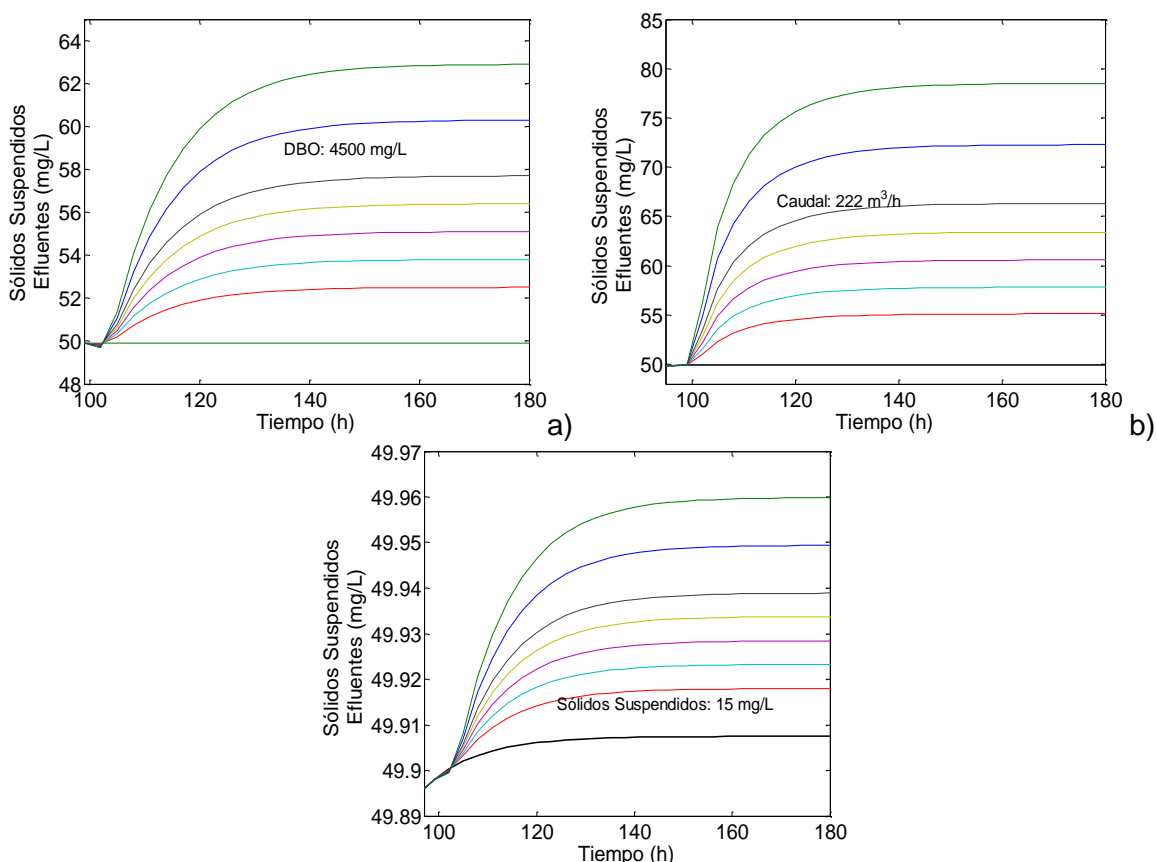


Fig. 4. Variación de SST del efluente al cambiar, a) la DBO, b) el Caudal y c) los SST de entrada en 0, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20 y 25% del valor inicial

## CONCLUSIONES

De las variables analizadas, con el modelo de falla elegido y en el rango simulado, el caudal y la DBO de entrada resultaron los factores con mayor efecto sobre la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones de DBO y SST. Para estos casos, la recuperación parcial del sistema sólo alcanza a la DBO. Los SST, en cambio, aumentaron hasta alcanzar valores estacionarios a niveles muy por encima de las especificaciones. Estas observaciones muestran la importancia de considerar ambos factores y sus variaciones durante la operación del sistema como así también en la etapa de diseño del proceso a los fines de evitar que fluctuaciones importantes

provoquen la salida de efluentes con valores de DBO y sólidos por encima de los valores especificados.

## REFERENCIAS

Beucher, O.; Weeks, M. *Introduction to Matlab & Simulink. A Project Approach*. 3rd. Ed. Infinity Science Press LLC. Hingham, MA., USA, 2008.

Finlayson, B. *Introduction to Chemical Engineering Computing*. Wiley-Interscience. NJ, USA, 2006.

Gil Rodríguez Manuel. *Procesos de Descontaminación de Aguas. Cálculos Informatizados Avanzados*. Thompson-Paraninfo. Madrid, España, 2005.

Peralta, J.; Córdoba, C.; Rosa, M.; Trombini, G. *Análisis por Simulación del Proceso de Sedimentación en el Clarificador Secundario de Una Planta de Lodos Activados*". II Jornada del Programa de Ingeniería de Procesos y Productos. Buenos Aires, Argentina, 2011.

Peralta, J.; Córdoba, C.; Rosa, M.; Trombini, G.; Bonaterra F. *El uso de la herramienta informática en el modelado dinámico del proceso de lodos activados*. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas – CLICAP 2012. San Rafael, Mendoza, Argentina, 2012.