

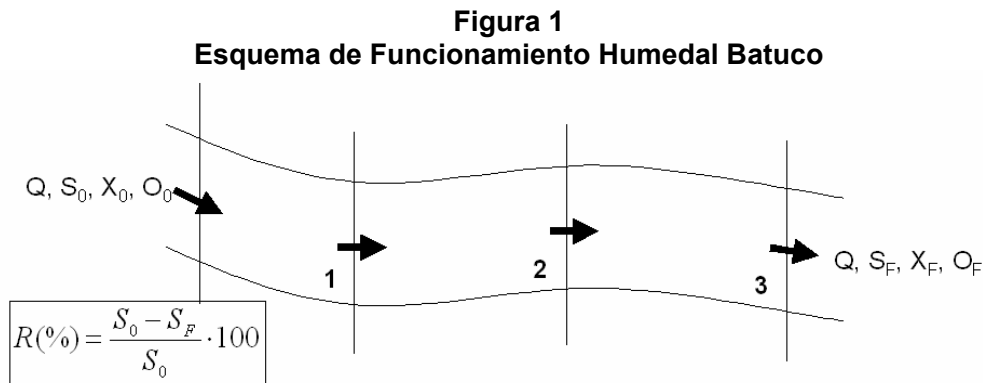
CI 41B INGENIERIA AMBIENTAL - SEMESTRE PRIMAVERA 2005
EJERCICIO #5

Septiembre 23 de 2005

Fecha de entrega: Viernes 07 de Octubre, 16:00, Secretaría de Hidráulica

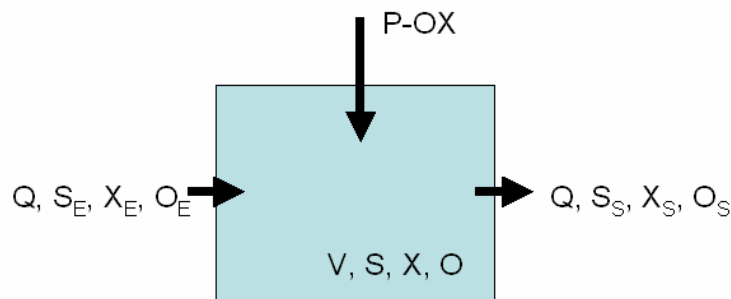
Evaluación: 80% Contenido, 20% Presentación

La laguna o humedal de Batuco ha aparecido en forma reiterada en las noticias debido a la mortandad de aves que se produjo durante el mes de abril de 2005. Para analizar un sistema como éste es posible considerar un esquema conceptual como el de la Figura 1, en el cual se ha dividido el humedal en tres secciones consecutivas que, para efectos de flujo y balance másico, pueden ser consideradas como reactores individuales de mezcla completa.



En particular es posible aislar un reactor cualquiera y observar los distintos procesos que se desarrollan en él, lo que se resume en la Figura 2. En este reactor se conocen el caudal de entrada (Q) y las características de calidad del líquido afluente: S_0 (materia orgánica), X_0 (concentración de microorganismos), y O_0 (contenido de oxígeno en el agua). En cada reactor se puede producir la entrada de oxígeno adicional, el que se relaciona con las condiciones de turbulencia del sistema natural o con el agregado de oxígeno mediante sopladores externos (P-OX).

Figura 2
Procesos que ocurren en un reactor individual



De acuerdo a estudios preliminares, existen diversos procesos que describen los cambios de la concentración de materia orgánica (S), oxígeno (O) y microorganismos (X) a lo largo del sistema.

En el caso particular del oxígeno se produce su consumo debido a una ley de primer orden como la que sigue:

$$r_O = \frac{dO}{dt} = -k_4 \cdot O$$

En el caso de la materia orgánica su consumo es proporcional a su concentración, pero está limitada por el contenido de oxígeno de acuerdo a la siguiente expresión:

$$r_S = \frac{dS}{dt} = -k_1 \cdot S \cdot \frac{O}{K_0 + O}$$

Finalmente, los microorganismos tienen una expresión para la tasa de nacimientos y otra para la muerte o consumo:

$$r_{XN} = \left. \frac{dX}{dt} \right|_{\text{NACIMIENTO}} = +k_2 \cdot \frac{S}{K_S + S}$$

$$r_{XM} = \left. \frac{dX}{dt} \right|_{\text{MUERTE}} = -k_3 \cdot X \cdot \frac{O}{K_0 + O}$$

Las diferentes constantes son todas conocidas y se presentan en la Tabla 1, junto a las condiciones de entrada al humedal y las propiedades geométricas de cada reactor.

Tabla 1
Información Problema 1

PARAMETRO		VALOR	UNIDAD
AFLUENTE HUMEDAL			
Q	Caudal de Entrada al Humedal	210	l/s
S0	Concentración de materia orgánica afluente	180	mg/L
X0	Concentración de microorganismos afluentes	3	mg/L
O0	Concentración de oxígeno afluente al humedal	10	mg/L
CONSTANTES CINETICAS			
k ₁	Constante de decaimiento materia orgánica	5	1/hora
k ₂	Constante de crecimiento de microorganismos	100	mg/hora/L
k ₃	Constante de mortalidad de microorganismos	1	1/hora
k ₄	Constante de consumo de oxígeno	5	1/hora
K _O	Constante limitación consumo de oxígeno	4	mg/L
K _S	Constante limitación consumo de materia orgánica	100	mg/L
VOLUMENES REACTORES			
V1	Volumen Reactor 1	200	m ³
V2	Volumen Reactor 2	100	m ³
V3	Volumen Reactor 3	300	m ³

En condiciones naturales se ha observado que la problemática principal de este cuerpo de agua es el exceso de materia orgánica que ingresa a éste debido a actividades humanas que se desarrollan en sectores agua arriba del humedal. Lo anterior genera condiciones de bajo oxígeno, lo que ocasiona otros cambios en el sistema los que eventualmente se pueden asociar a las muertes de aves. En esta condición natural no existe entrada adicional de oxígeno a la laguna excepto el que se incorpora en el afluente original (O_0 es igual a 10 mg/L y P-OX es igual a 0 en todos los reactores).

Basado en la información anterior se pide:

- a) Encontrar expresiones para las concentraciones efluentes (de salida) de oxígeno, microorganismos y materia orgánica para un reactor tipo como el mostrado en la Figura 2. Considere una condición de régimen permanente.
- b) Para las condiciones actuales (Tabla 1) determine la concentración de oxígeno y de materia orgánica en los tres reactores. ¿Cuál es el porcentaje de remoción de materia orgánica (R%) que ocurre en el Humedal de Batuco? ¿Cuál es el reactor que tiene el menor contenido de oxígeno?

NOTA: Si el nivel de oxígeno natural es inferior a 3.0 mg/L se producen condiciones negativas para la supervivencia de aves en este humedal.

- c) Determine la cantidad de oxígeno (P-OX, Ton Oxígeno por día) que se debería agregar a cada reactor con niveles críticos de oxígeno, para elevar las concentraciones actuales por sobre los 3.0 mg/L. ¿Cuál sería el porcentaje de remoción de materia orgánica que ocurriría en el Humedal de Batuco en esta nueva condición?. Comente su resultado.

NOTA: En este caso determine la cantidad de oxígeno que agregaría a cada uno de los reactores que tienen niveles críticos de oxígeno para cumplir con las condiciones mínimas planteadas anteriormente.