

Modelo de Streeter y Phelps

$$D(t) = \frac{k_d \cdot L_0}{k_r - k_d} \cdot (e^{-k_d \cdot t} - e^{-k_r \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-k_r \cdot t}$$

$$D(t) = C_s - OD(t)$$

$$t_c = \frac{1}{k_r - k_d} \cdot \ln \left(\frac{k_r}{k_d} \cdot \left(1 - \frac{D_0 \cdot (k_r - k_d)}{k_d \cdot L_0} \right) \right)$$

$$L(t) = L_0 \cdot e^{-k_d \cdot t}$$

Pregunta 1.

La norma chilena (DS-90) limita la descarga de contaminantes a cualquier cuerpo de agua superficial. Esta norma diferencia entre cuerpos receptores de distinta naturaleza: los cursos de agua, los cuerpos lacustres y la zona de protección litoral.

Considere un contaminante para el cual el DS-90 es **más restrictivo para lagos** que para ríos, es decir, la concentración máxima permitida es menor si la descarga se realiza a un lago. El problema de esta distinción es que, en ocasiones, existe interacción entre distintos tipos de cuerpos receptores. Un ejemplo típico puede ser un lago alimentado por un río, como se esquematiza en la Fig. 1. En esta situación, las descargas al río pueden afectar la calidad de aguas del lago. Como usted sabe, la concentración de contaminante que llega al lago depende de la naturaleza de la sustancia descargada, de las propiedades de autodepuración del río y de la distancia entre el lago y el punto de descarga.

Consistente con lo anterior, puede definirse una distancia crítica aguas arriba del lago a partir de la cual el cumplimiento de la norma para descarga en el río asegura que la concentración de entrada al lago cumpla la norma respectiva.

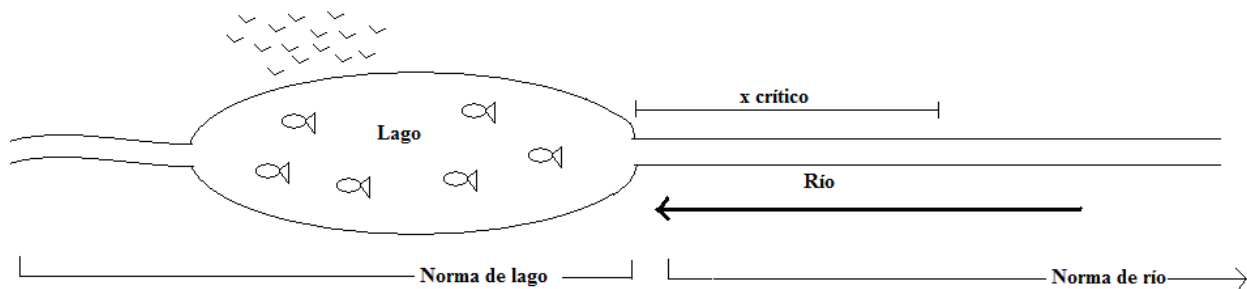


Figura 1: Sistema río-lago

Para estas condiciones se pide:

- Calcular la distancia crítica para una descarga de fósforo, el cuál se adsorbe en los sedimentos y por lo tanto está sujeto a procesos de sedimentación y resuspensión. ¿Cuál es la distancia crítica para un contaminante conservativo no asociado a los sedimentos?
- Calcular la distancia crítica para una descarga de aguas servidas, de manera de cumplir con los requisitos de DBO y OD indicados en la Tabla 3.
- Suponga una descarga contiene fósforo y materia orgánica. ¿Cuál es la distancia crítica en este caso?

Tabla 1: Datos del río y del lago

Caudal del río	15	m ³ /s
Velocidad del río	0.8	m/s
Ancho del río	20	m
Concentración de P en el río	2	mg/L
DBO en el río	12	mg/L
OD en el río	6.5	mg/L

Tabla 2: Datos de la descarga y normas

Caudal de la descarga al río	0.5	m ³ /s
Descarga máxima de fósforo en lagos	2	mg/L
Descarga máxima de fósforo en ríos	10	mg/L
Tasa de sedimentación	0.55	m/día
Tasa de resuspensión	$1.37 \cdot 10^{-4}$	mg/día/m ²

Tabla 3: Datos parte c

Descarga máxima de DBO en lagos	10	mg/L
Descarga mínima de OD en lagos	7	mg/L
Descarga máxima de DBO en ríos	35	mg/L
Descarga mínima de OD en ríos	6	mg/L
Tasa de decaimiento	1	1/día
Tasa de reaeración	4.5	1/día

Pregunta 2.

Una ciudad desea descargar sus aguas servidas a un estero aledaño. Éste posee un largo aproximado de 50 Km al final del cual entrega sus aguas a un cauce de mayor importancia. Justo antes de esta confluencia existe un ecosistema compuesto por numerosas especies acuáticas tanto animales como vegetales. Se sabe que para asegurar la supervivencia de esta flora y fauna, los niveles de oxígeno disuelto deben estar por sobre los 4.5 mg/L y los de DBO no deben superar los 20 mg/L. Un esquema de la situación se puede observar en la Figura 1.

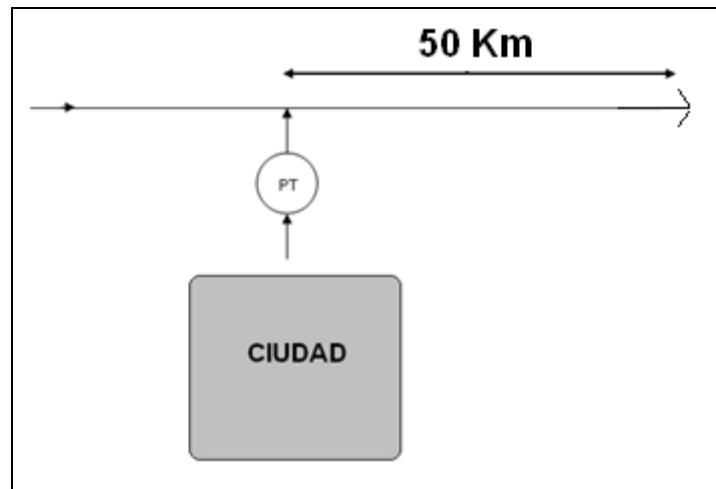


Figura 1

Los datos de consumo de agua y generación de aguas servidas de la ciudad se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 “Datos de la ciudad”		
Población	150000	[Hab]
Dotación de agua potable	200	[L/Hab/día]
Factor de recuperación	0.82	
Carga de DBO	45	[gr/Hab/día]

Los datos del estero se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 “Datos del estero”		
Caudal	2	[m ³ /s]
Velocidad de escurrimiento	0.5	[m/s]
Oxígeno disuelto	6.5	[mg/L]
DBO	5	[mg/L]
Coeficiente de oxidación de la materia orgánica	1	[1/día]
Coeficiente de reaeración	1.5	[1/día]
Coeficiente de saturación de oxígeno disuelto	9	[mg/L]

Asuma que el efluente del tratamiento de aguas servidas posee una concentración de oxígeno disuelto de 0 mg/L.

- a) Determine el caudal medio de agua potable de la ciudad, el caudal medio de aguas servidas generado y la concentración de DBO del afluente a la planta de tratamiento.
- b) Determine el porcentaje de remoción de materia orgánica necesario en la planta de tratamiento de aguas servidas para garantizar que en la laguna se cumplan los niveles necesarios de oxígeno disuelto y DBO.

Una hacienda cercana posee derechos de agua sobre el estero, por lo que desea extraer un cierto caudal con fines agrícolas. Ésta extracción se situaría aguas abajo de la descarga de la planta de tratamiento y no debe tener concentraciones de oxígeno disuelto menores a los 4 mg/L.

- c) Determine los límites del tramo donde la hacienda no puede situar su extracción. Considere que el caudal de la extracción es despreciable respecto al caudal del estero. Utilice el porcentaje de remoción encontrado en la parte b).

Debido a las presiones realizadas por la comunidad agrícola, se desea aumentar la eficiencia de remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de manera de asegurar que se pueda extraer caudal con fines de riego en todo la extensión del estero.

- d) Determine el porcentaje mínimo de remoción de materia orgánica necesario en la planta de tratamiento de aguas servidas para garantizar que en ningún tramo del río el oxígeno disuelto baje de 4 mg/L.