

**CI 41B INGENIERIA AMBIENTAL - SEMESTRE PRIMAVERA 2005
AUXILIAR 3**

Octubre , 2005

Pregunta # 1

El estudio de un humedal protegido ha determinado que el aporte de carga orgánica que esta recibiendo es del orden de 350 Kg. DBO/día. El valor medio de la DBO del estero que lo alimenta es de entre 4 y 5 mg/l.

Se requiere evaluar el impacto que producirán dos agroindustrias que descargarán sus residuos al estero. Se estima que para no producir alteraciones significativas la carga no debe exceder los 400 Kg. DBO/día.

El esquema muestra la ubicación de las industrias y velocidad media del escurrimiento y las tablas, los antecedentes que se indican.

Dichas industrias deben realizar un tratamiento secundario de las aguas residuales, exigiéndoles una calidad similar en la descarga (igual concentración).

Tabla 1: Antecedentes generales

Parámetro	Unidad	Esteros	Residuos industriales	
			I ₁	I ₂
Q	m ³ /s	1.0	0.030	0.025
OD	mg/l	9.0	0	0
DBO	mg/l	4.0	250	300
k _d	1/día	-	0.2	0.2
k _r	1/día	0.7	-	-
Cs	mg/l	9.7	-	-

Tabla 2: Valores de Saturación de OD (Cs)

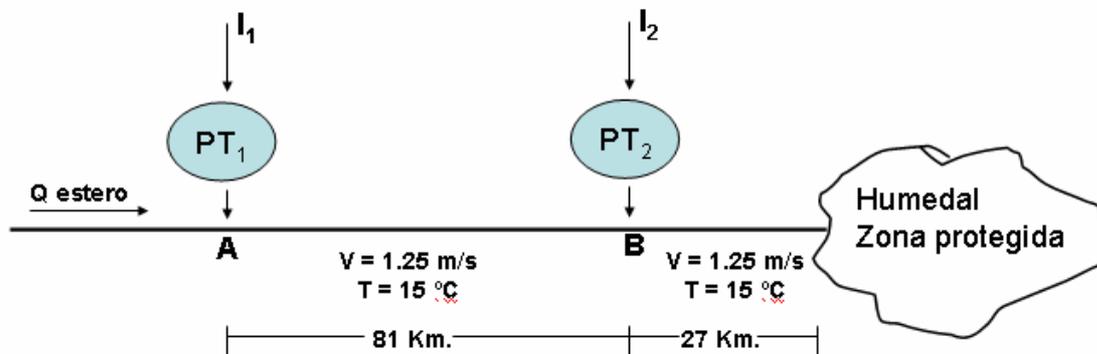
Ti °C	15	20	25
OD mg/L	9.7	8.7	8

Para valores intermedios, interpolar linealmente

Coefficiente de reacción: k_i(T)

$$k_T = k_{20^{\circ}C} \cdot \theta^{T-20}$$

Esquema ubicaciones industrias



Se pide:

- i) Determinar la calidad del efluente en términos de DBO de la descarga de las industrias y el porcentaje de remoción asociada a esta, de modo tal, que las industrias no produzcan alteraciones significativas en el humedal.
- ii) Considerando que el tratamiento remueve 90% de la DBO para ambas industrias, determinar el OD del agua a la entrada del humedal. Si la planta de tratamiento de la industria 2 (PT₂) falla, determinar el OD en la entrada del humedal.
- iii) Responder en forma breve, precisa y técnicamente justificada:
 - Considerando el nivel de tratamiento determinado en i) se generarán problemas de sólidos suspendidos en el humedal.
 - Sin realizar cálculos numéricos, solo análisis cualitativo, indique si se modifica en forma importante los valores de DBO y OD al cambiar la temperatura.
 - Que otros aspectos de calidad, no indicados en los antecedentes, debería analizar para no producir un deterioro de la calidad del agua del humedal que afecte significativamente la flora y fauna de él.

Ecuación del modelo

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

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

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

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

L_0	: Demanda Bioquímica de Oxígeno inicial
$L(t)$: Demanda Bioquímica de Oxígeno al tiempo t
D_0	: Déficit de Oxígeno disuelto al inicio del tramo
$D(t)$: Déficit de Oxígeno disuelto al tiempo t
$D = C_s - OD$: Déficit de Oxígeno disuelto
C_s	: Concentración de saturación

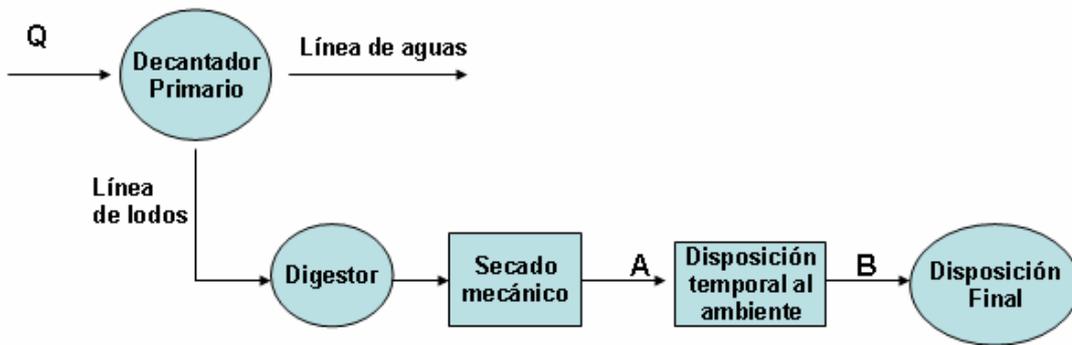
Pregunta # 2

Para el análisis preliminar de disposición de lodos de una planta de tratamiento de agua residual con un caudal medio de $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$, se conocen las características promedio del afluente líquido.

Sólidos suspendidos fijos : 50 mg/l , $\rho_F = 2,0$
Sólidos suspendidos volátiles : 300 mg/l , $\rho_V = 1,3$

El esquema de la línea de tratamiento de lodos a utilizar se muestra en la figura. Este tratamiento tiene por objeto estabilizar el lodo y disminuir su volumen para facilitar su manejo y disposición.

Figura 1: Línea de tratamiento de lodos



La eficiencia de la decantación primaria es del 60% y el lodo extraído tiene una concentración del 2%.

El proceso de digestión anaeróbica destruye el 50% de los sólidos volátiles e incrementa la concentración de sólidos totales hasta un 10%.

El secado mecánico aumenta la concentración de sólidos a una valor del 30%.

La disposición temporal al ambiente, en una especie de relleno sanitario, disminuye la humedad hasta un 60% y produce una degradación del 10% de la materia orgánica.

Según lo anterior, se pide:

- Determinar las características del lodo obtenido después del secado mecánico y de la disposición temporal (volumen de lodos mensual y % de materia orgánica c/r a los sólidos suspendidos totales).

$\frac{P_S}{\rho_S \cdot \gamma_a} = \frac{P_F}{\rho_F \cdot \gamma_a} + \frac{P_V}{\rho_V \cdot \gamma_a}$	Pi: Peso seco de los sólidos ρ : Densidad relativa de los sólidos
$\rho_{LODOS} = \frac{P_a + P_S}{\left(\frac{P_a}{1,0}\right) + \left(\frac{P_S}{\rho_S}\right)}$	ρ_{LODOS} : Densidad de los lodos extraídos en los procesos (agua + sólidos)
$V_{LODOS} = \frac{P_S}{\left(\frac{S}{100}\right) \cdot 1000 \cdot \rho_{LODOS}}$	S : Contenido en % de sólidos 1000: peso unitario del agua (Kg/m³)

Pregunta # 3

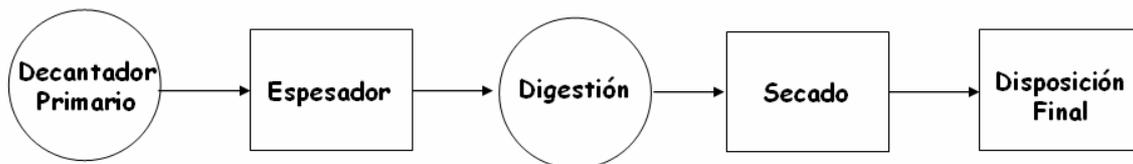
Una planta convencional de tratamiento de aguas residuales, para condiciones medias de 400 l/s, extrae sólidos sedimentables desde un decantador primario DP con las siguientes características

Sólidos Fijos : 30% , $\rho_F = 1,8$
Sólidos Volátiles : 70% , $\rho_V = 1,2$

Los lodos extraídos en forma intermitente, alcanzan un volumen de 500 m³/día con una concentración de sólidos del 2%.

El proceso de tratamiento de los lodos con el objeto de reducir su volumen y carga contaminante para que puedan ser trasladados al lugar de disposición, sigue la secuencia de procesos indicada en la Figura 3, para modificar su concentración y composición.

Figura 3



El espesador aumenta la concentración de sólidos hasta un valor del 5%.

El proceso de digestión anaeróbica, reduce en un 50% de su valor inicial los sólidos volátiles y aumenta la concentración de sólidos al 10%.

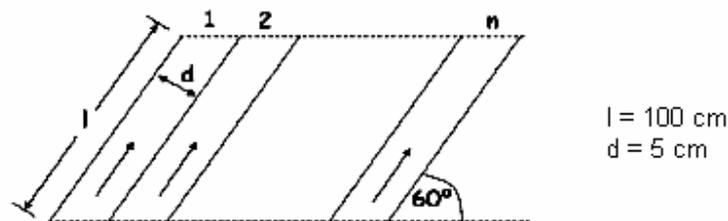
El proceso de secado mecánico aumenta la concentración de sólidos hasta un 35% que permite su carga y transporte hasta la disposición.

- a) Considerando la secuencia de procesos indicados en la Figura 3, determine el volumen diario de lodos que es necesario transportar al lugar de disposición final.

$\frac{P_s}{\rho_s \cdot \gamma_a} = \frac{P_f}{\rho_f \cdot \gamma_a} + \frac{P_v}{\rho_v \cdot \gamma_a}$	Pi: Peso seco de los sólidos ρ : Densidad relativa de los sólidos
$\rho_{LODOS} = \frac{P_a + P_s}{\left(\frac{P_a}{1.0}\right) + \left(\frac{P_s}{\rho_s}\right)}$	ρ_{LODOS} : Densidad de los lodos extraídos en los procesos (agua + sólidos)
$V_{LODOS} = \frac{P_s}{\left(\frac{S}{100}\right) \cdot 1000 \cdot \rho_{LODOS}}$	S : Contenido en % de sólidos 1000: peso unitario del agua (Kg/m³)

Pregunta # 4

- Explique brevemente el proceso de digestión de lodos y la importancia que tiene desde el punto de vista técnico y ambiental.
- Determinar la relación de áreas superficiales (áreas en planta) de sedimentadotes de flujo horizontal y flujo oblicuo, ambos para un caudal de 400 l/s.
 - Considere una tasa o velocidad de sedimentación de 30 m³/m²/día, para ambos tipos de sedimentador.
 - El sedimentador de flujo oblicuo está formado por n módulos según esquema



$$u_{so} = \frac{u_o}{\text{sen}\theta + \frac{l}{d} \cdot \text{cos}\theta} \quad \text{Tasa superficial equivalente para flujo oblicuo.}$$

Desde el punto de vista de eficiencia en remoción de partículas porque presenta ventajas el sedimentador de flujo oblicuo si tiene menor área superficial.

- Indique mediante un esquema la secuencia de los procesos requeridos (cantidad mínima de ellos) para el tratamiento físico químico de un agua que tiene bajo contenido de sólidos coloidales (por ej, turbiedad) y alto contenido de sólidos disueltos (por ej, cloruros) destinado al consumo humano. Justifique la secuencia adoptada.

- iii. Cuáles son las diferencias entre el método de relleno sanitario y el de compostificación para el manejo de los residuos sólidos. Comente respecto a los procesos, aspectos técnicos y económicos.

Pregunta #5

Una empresa dedicada a la crianza y engorda de cerdos analiza la factibilidad de instalarse en un nuevo lugar para lo cual, entre otros, debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental a la autoridad correspondiente.

En relación al recurso agua, la descarga de los efluentes residuales que necesariamente deben ser tratados, se realizará a un estero, ubicado 30 km aguas arriba de la desembocadura de éste a un lago pequeño. La autoridad exige a la empresa, como mínimo, lo siguiente:

- i) cumplir con la legislación que establece que el OD en todo el curso del estero no debe ser inferior a 5,0 mg/l.
- ii) empleo de una planta de tratamiento de agua residual de tipo convencional (lodos activados) que remueve a lo menos el 90% de la DBO y S.S.
- iii) mantener la calidad de las aguas del lago de modo de no afectar las actividades recreativas desarrolladas (natación, deportes acuáticos).

La características de las aguas residuales producidas por la actividad ganadera se estiman, según indicación de la Tabla.

Q_{AR} l/s	DBO mg/l	S.S. mg/l	O.D. mg/l	Col. Fecales NMP/100 ml	Nitrógeno mg/l	Fósforo mg/l
30	800	1800	0	10^5	120	15

El estero tiene un caudal medio de 500 l/s, una velocidad de escurrimiento de 0,4 m/s y los parámetros de calidad de agua relevantes para el estudio se indican a continuación: O.D. de 7,5 mg/l; DBO de 5,0 mg/l y valores muy bajos de contaminación microbiológica, sólidos suspendidos, N y P. La concentración de saturación de O.D. es de 8,0 mg/l. Las tasas de reaeración y desoxigenación K_r y K_d son de 0,8 y 0,3 1/día, respectivamente.

- a) Indicar si se cumple la legislación vigente.
- b) Considerando el conocimiento adquirido durante el desarrollo del curso y el total de las exigencias de la autoridad, indique si es necesario aumentar la eficiencia del tratamiento e imponer nuevos requisitos al tratamiento. En este último caso, indique y justifique en forma detallada los requerimientos adicionales que incluiría para satisfacer totalmente las exigencias.

Problema #6

Una localidad descarga sus aguas residuales directamente a un río. Para cumplir con el requisito de calidad exigido aguas abajo de la extracción en el punto A se debe construir una planta de tratamiento, cuyo esquema se entrega en la Figura 3.

En la Tabla 1 se muestra los antecedentes de la calidad de las aguas del río antes de la descarga, de las aguas residuales antes del tratamiento y los requerimientos de calidad mínimos que se deben cumplir aguas abajo del punto A ($u=0.8$ m/s, $L_{AB}=86,4$ Km, $Cs=8.0$ mg/L).

Tabla 1

	Río	Agua residual	Requisito exigido
Caudal, m ³ /s	4	0,35	-
DBO ₅ , mg/l	0	400	5
OD, mg/l	8	0	5
S.S., mg/l	10	650	20
Coliformes Fecales, NMP/100 ml	0	10 ⁷	10 ³

Coeficientes de reacción: K_i (1/día)

- desoxigenación (oxidación de materia orgánica) : 0,32
- reaeración (incorporación de O₂ en el río) : 0,70
- decaimiento bacterias coliformes : 2,00

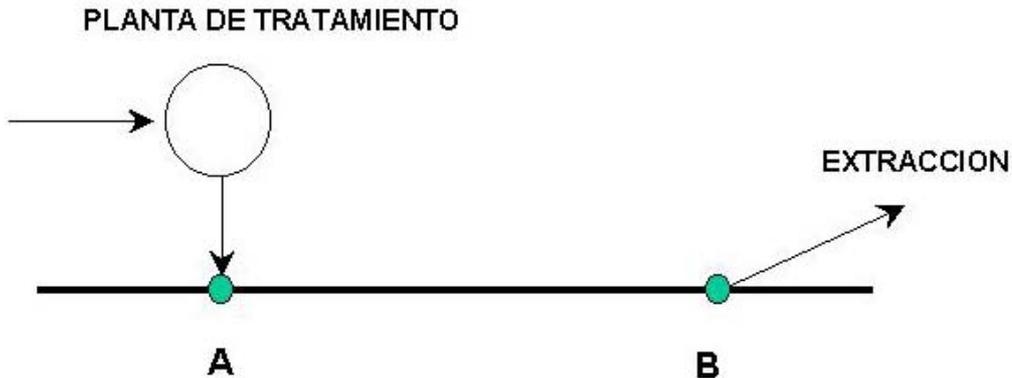
Los coliformes fecales presentes en el río se reducen de acuerdo a una reacción de primer orden, similar a la DBO.

La planta de tratamiento propuesta garantiza una eficiencia máxima del 80% en la remoción de DBO₅, S.S. y coliformes fecales.

1. Determine la remoción porcentual necesaria para que cada parámetro cumpla con los requisitos de calidad exigidos a partir del punto A e indique si la planta de tratamiento propuesta es suficiente.
2. Si en el caso anterior todos o algún parámetro no cumple la norma ambiental, ¿Qué proceso de tratamiento específico sería necesario agregar para conseguir el nivel de remoción adecuado?.
3. Indique en forma esquemática el tipo de planta de tratamiento de aguas residuales (procesos requeridos) para cumplir con las exigencias de calidad del agua en el río y que procesos mejoraría en caso que la eficiencia de alguno de ellos no sea suficiente.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{valor parámetro afluente} - \text{valor parámetro efluente}}{\text{valor parámetro afluente}} \times 100$$

Pta.trat



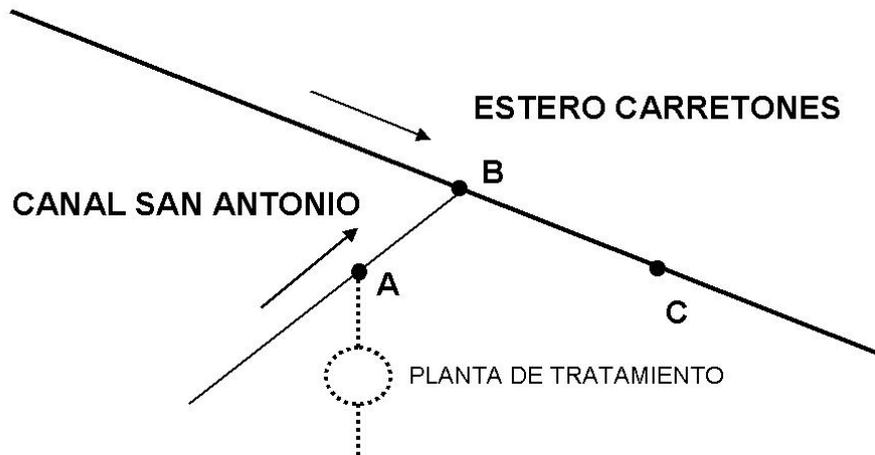
Problema #7

La ciudad de Molina descarga sus aguas residuales, sin ningún tipo de tratamiento, al canal San Antonio (ver Figura 1). En esta ciudad existe un gran problema de infiltración de aguas subterráneas hacia la red de alcantarillado domiciliario, lo que ocasiona que las aguas residuales que se descargan al canal estén bastante diluidas.

Dado el uso del canal San Antonio y del estero Carretones, el oxígeno disuelto en estos cuerpos receptores no puede descender de 5 mg/l, mientras que la DBO justo después de la descarga no debe exceder 60 mg/l.

Considerando los requerimientos anteriores, se desea estudiar el efecto actual y futuro de la descarga de aguas residuales en el canal y en el estero. En particular se desea determinar si es necesario construir una planta de tratamiento para las aguas residuales de la ciudad de Molina, y estimar el porcentaje de **remoción de la DBO** necesario para cumplir con la normativa de calidad indicada en el párrafo anterior. Para esto se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Situación actual.
2. Situación futura eliminado filtraciones a la red de alcantarillado e incluyendo una planta de tratamiento.



Para realizar este estudio se cuenta con la siguiente información:

	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Q (l/s)	DBO (mg/l)	OD (mg/l)
CANAL SAN ANTONIO	2.400 (tramo A-B)	0,54	100	0	9,0*
ESTERO CARRETONES	1.000 (tramo B-C)	0,54	1.200	0	9,0*

*valor medido en terreno

Las constantes de desoxigenación y reaeración de ambos cuerpos, k_d y k_r , son 0,23 y 0,35 1/día, respectivamente. Los valores anteriores ya están corregidos por el efecto de la temperatura del agua. La concentración de oxígeno de saturación de estos cuerpos es 9,1 mg/l.

Para su análisis considere sólo los puntos A y B, ubicados en la descarga de la ciudad de Molina y en la junta del canal San Antonio y el estero Carretones, respectivamente.

Las características de las aguas residuales de la ciudad se estiman en:

	Actual	Año 2027
Caudal aguas residuales (l/s)	40	78
DBO aguas residuales (mg/l)	140	140
OD aguas residuales (mg/l)	0	0
Caudal de infiltración (l/s)	84	0
DBO infiltración (mg/l)	0	0
OD infiltración (mg/l)	C_s	C_s