

500042

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA

SECCION DE INGENIERIA AMBIENTAL



"DETERMINACION DE LAS CONSTANTES DE TRATABILIDAD DE
UNA SUSPENSION DE NESBRUN"

TRABAJO PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERIA AMBIENTAL
POR:

HECTOR LUZURIAGA MENESES

85 627



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEPA

T. UNAM
1981
LUZ

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

II. CONSTANTES DE TRATABILIDAD: Definiciones y fórmulas

III. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

1. Proceso continuo
2. Proceso estático (Batch)
3. Equipo necesario
4. Celdas de Eckenfelder
5. Aparato de medición de oxígeno disuelto (YS1)

IV. OPERACION DEL EXPERIMENTO

1. Puesta en marcha
2. Operación siguiente
3. Estabilización en el funcionamiento
4. Dificultades presentadas en la operación

V. RESULTADOS DE LABORATORIO

VI. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS Y DETERMINACION DE LAS CONSTANTES.

VII. COMENTARIOS

REFERENCIAS

I. INTRODUCCION

Los procesos de tratamiento biológicos, llamado también, tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas o industriales pueden ser procesos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos dependiendo de la presencia o ausencia del oxígeno en las aguas residuales dentro del proceso. Entre los tratamientos secundarios más comunes podemos citar: lodos activados; filtros biológicos percoladores o de goteo y sus variantes (aerofiltros, biofiltros y acelofiltros); lagunas de estabilización (aerobias, facultativas y anaerobias), lagunas de oxidación (oxigenación fotosintética y aireadas), lagunas de acabado; zanjas de oxidación aireación extendida. Los tratamientos de menor uso son: filtros intermitentes de arena; lechos de contacto y los denominados "filtros Dumar". Estos tratamientos secundarios, son esencialmente procesos biológicos de oxidación (proceso aerobio), a excepción de las lagunas de estabilización anaerobias.

Los lodos activados son masa de microorganismos activos, capaces de estabilizar aeróbicamente un desecho. Los microorganismos presentes son principalmente bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoarios y rotíferos. Las bacterias son los microorganismos más importantes porque son las encargadas de la descomposición de la materia orgánica del influente, la actividad metabólica de otros microorganismos son también importantes en el sistema de lodos activados, así por ejemplo, los protozoarios y rotíferos actúan como purificadores del efluente; los protozoarios consumen las bacterias dispersas que no han floculado, y los rotíferos consumen cualquier pequeña partícula de flóculo biológico que no se ha sedimentado.

La ecología del sistema es bastante compleja: las bacterias presentes son los grupos no nitrificantes y nitrificantes, envueltas en una masa gelatinosa que forman las bacterias

del tipo filamentosa para constituir la zooglea. La alta - suspensión microbiana y lodo biológico formada en el proceso se asienta rápidamente cuando se le permite reposar. La remoción de la DBO con el proceso de lodos activados se obtiene a través de los siguientes mecanismos esenciales:

1. Adsorción y coagulación de los sólidos suspendidos y coloidales que no han sido separados durante la etapa del tratamiento primario.
2. Biosorción, en donde la materia orgánica soluble en el líquido residual es inicialmente removida por absorción y almacenamiento en las células de los organismos responsables de la actividad biológica presente en el reactor y que se pone en íntimo contacto con tales sustratos al promoverse una mezcla efectiva del lodo activo - recirculado con el líquido afluente al proceso.
3. A través del crecimiento del lodo, consecuencia de una asimilación microbiológica por sus mecanismos metabólicos de respiración y de síntesis (crecimiento y multiplicación).
4. A través de una autodigestión (respiración endógena) de las masas microbianas, cuando existan limitaciones de sustrato biodegradable.

El proceso de lodos activados fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Arden y Lockett, a partir de esta época el diseño de las plantas de lodos activados se realizaba en base a fórmulas empíricas. Solamente, desde 1960 se inicia el diseño racional en este tipo de plantas.

En el diseño de plantas de tratamiento de lodos activados se utiliza ciertos parámetros o constantes que son valoradas en el laboratorio. Precisamente este trabajo está encaminado a describir la forma de determinar los valores de estos parámetros tomando como influente una suspensión de leche Nesbrun descremada.

Muchos de los diseños de plantas de tratamiento biológico se realizan en base a valores de parámetros que han sido experimentados con anterioridad en otras regiones para un diseño racional y el más aconsejado exige que estos valores sean tomados experimentalmente en el laboratorio para cada tipo de agua de desecho doméstico o industrial.

Este trabajo se ha desarrollado como complemento a las prácticas de laboratorio de plantas de tratamiento para aguas negras iniciadas durante el primer semestre de 1981 bajo la dirección del Ing. Francisco Montejano, Profesor de esta asignatura, y como parte del requisito para el examen de grado de maestría en Ingeniería Ambiental en la DEPMI, UNAM.

Es común que para trabajos de laboratorio con fines didácticos, se utilice como sustrato el Nesbrun, ya que el utilizar aguas residuales municipales o desechos industriales, presentaría muchos problemas de aseo y manipulación.

Por otra parte a pesar de ser muy común el uso del Nesbrun como sustrato en pruebas de laboratorio, no existen publicaciones que suministren las características de tratabilidad de este sustrato. Por falta de esa información cualquier trabajo de esta índole que utilice Nesbrun, implica grandes pérdidas de tiempo. Con el presente trabajo pretendemos también contar con esa información tan necesaria, y después de los resultados valoraremos si es o no recomendable seguir usando el Nesbrun como sustrato o es posible cambiar por otro producto.

El tener en un laboratorio cantidades razonables de sustrato caracterizado cumple dos finalidades principales:

- a) Contar con material didáctico para la formación de Profesionales en la Ingeniería Ambiental.

b) Aumentar la población microbiana de los lodos activados.

La intensidad a la cual la DBO es removida del líquido depende de la concentración de tal demanda y de los sólidos contenidos en los lodos y se manifiesta esencialmente en tres fases de biooxidación:

- 1) De crecimiento constante o fase de crecimiento logarítmico; resultado del contacto entre el líquido residual y el lodo activo (oxidación de la materia orgánica).
- 2) De crecimiento decreciente o fase aproximadamente lineal: etapa ligada en proporción directa al crecimiento biológico (síntesis de material celular).
- 3) De auto-oxidación o fase decreciente: oxidación de material celular a través de respiración endógena (oxidación celular).

Este crecimiento biológico se traduce a su vez, en una reducción de la DBO acusada por el líquido. Este fenómeno de correlación se observa durante el proceso de lodos activados.

II. CONSTANTES DE TRATABILIDAD

Definiciones y fórmulas.

Un diagrama de flujo del proceso de lodos activados convencional es como el mostrado en la figura 2.1

La definición de los símbolos usados en esta figura es la siguiente:

Clave:

Para sólidos suspendidos se utilizan índices dobles, - por ejemplo $X_{v,i}$; $X_{wv,i}$; v , significa volátil; wv , no volátil.

El siguiente índice (i) indica una corriente en particular.

- F. alimentación cruda (corriente 1)
- O. alimentación combinada (corriente 2)
- a, efluente del reactor (corriente 3)
- e. efluente neto (corriente 4)
- u, corriente de lodos del sedimentador secundario (corriente 5).

Símbolos:

1. Gastos

Q_F , alimentación cruda (corriente 1)

Q_R , recirculación (corriente 2)

$$\gamma = Q_R/Q_F$$

Q , alimentación combinada, $Q = Q_F + Q_R = Q_F(1 + \gamma)$ (corriente 2). Q (corriente 2) = Q (corriente 3).

Q' , efluente neto; $Q' = Q - Q_u$ (corriente 4)

Q'' , lodos excedentes; $Q_F = Q' + Q''$ (corriente 6)

Q_u , corriente de lodos del sedimentador secundario;

$$Q_u = Q'' + Q_R = Q'' + \gamma Q_F \text{ (corriente 5)}$$

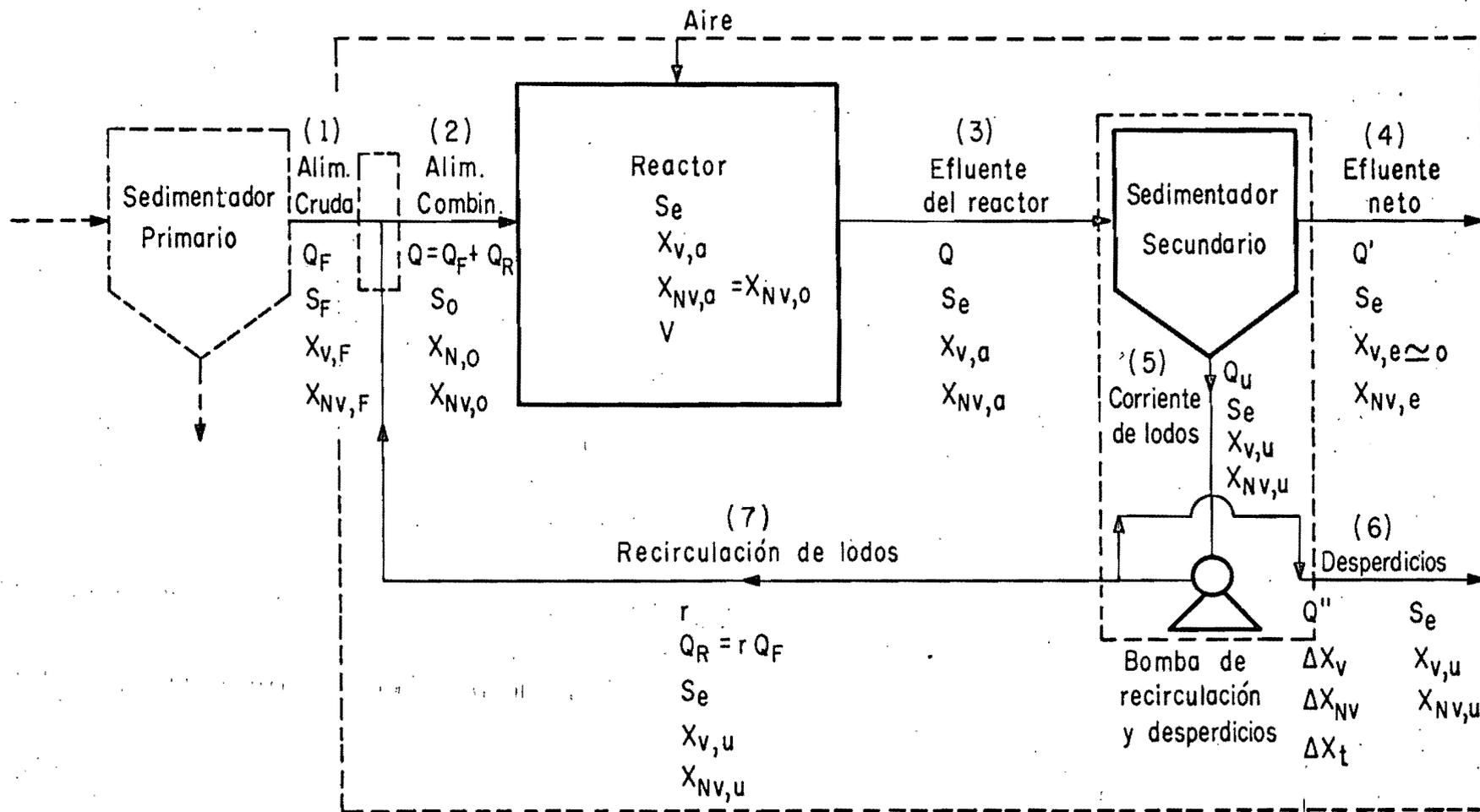


Fig 2.1 Proceso de lodos activados convencional

2. Concentraciones (mg/litro) de DBO soluble.
 - S_F , DBO soluble de la alimentación cruda
 - S_O , DBO soluble de la alimentación combinada
 - S_e , DBO soluble del efluente

3. Concentraciones (mg/litro) de sólidos suspendidos volátiles (SSV)
 - $X_{v,F}$, SSV en la alimentación cruda
 - $X_{v,o}$, SSV en la alimentación combinada
 - $X_{v,a}$, SSV en el reactor. Esta concentración es igual a la del efluente del reactor.
 - $X_{v,u}$, SSV en la corriente de lodos del sedimentador secundario
 - $X_{v,e}$, SSV en el efluente neto ($X_{v,e} \approx 0$)

4. Concentraciones (mg/litro) de sólidos suspendidos no volátiles (SSNV)
 - $X_{wv,F}$, SSNV en la alimentación cruda
 - $X_{wv,o}$, SSNV en la alimentación combinada
 - $X_{wv,a}$, SSNV en el reactor ($X_{wv,a} = X_{wv,o}$) también es igual a la concentración de SSNV en el efluente del reactor.
 - $X_{wv,u}$, SSNV en la corriente de lodos del sedimentador secundario
 - $X_{wv,e}$, SSNV en el efluente neto.

5. Lodos excedentes (que se tiran o desperdician)
 - ΔX_v , producción o rendimiento neto de SSVLM (SSVLM -- significa sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado).
 - ΔX_{wv} , desperdicio de SSNV
 - ΔX_t , rendimiento total de lodos: $\Delta X_t = \Delta X_v + \Delta X_{wv} + Q_F X_{v,F}$

6. Volumen del reactor
 - V , volumen del reactor.

Las constantes que intervienen en el diseño de plantas de tratamiento de lodos activados son: k , a , a' , b , b' ; k , es la constante de rapidez de remoción del sustrato expresado en día⁻¹ y esta relacionada con la siguiente expresión:

$$(X_o - S_e) / X_{v,a} \cdot t = k(S_e - S_n) \quad (2.1)$$

S_n es la concentración de materia orgánica no biodegradable por el reactor.

t es el tiempo de residencia en el reactor ($t = V/Q$) expresado en días.

Todos los demás términos ya fueron definidos anteriormente.

a : es la relación de los kg de SSVLM producidos entre el total de kg. de sustrato removidos.

Se puede determinar con la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta X_t / V}{X_{v,a}} = a \left[(S_o - S_e) / X_{v,a} \cdot t \right] - b \quad (2.2)$$

b : es la fracción de SSVLM oxidados por unidad de tiempo durante el proceso de respiración endógena.

$$b = \frac{\text{kg de SSVLM oxidados}}{(\text{día}) (\text{Kg de SSVLM en el reactor})} \quad (2.3)$$

a' : es la relación de los kg de oxígeno utilizado para oxidación del sustrato (para energía) entre los kg de DBO_5 total removidos.

Se puede calcular con la siguiente expresión:

$$R_r / X_{v,a} = a' \left[(S_o - S_e) / X_{v,a} \cdot t \right] + b' \quad (2.4)$$

R_r es el oxígeno utilizado por día por unidad de volu-

men del reactor: $R_r = \text{mg } O_2 / (\text{día})(\text{litro})$ (2.5)

b': es la fracción de los kg de oxígeno utilizados por día por cada kg de SSVLM para el proceso de respiración-endógena.

$$b' = \frac{\text{kg de } O_2}{(\text{día}) (\text{kg de SSVLM en el reactor})} \quad (2.6)$$

III. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

Para la determinación de las constantes existen básicamente dos sistemas o procesos: continuo y estático o batch.

1. Proceso continuo

En este proceso llamado también de operación o alimentación continua permanecen constantes la DBO del agua de desecho (Se) y también la concentración de SSVLM -- (Xv,a) que ha sido seleccionada.

2. Proceso estático (batch)

En este tipo de proceso u operación el volumen permanece constante en tanto que la concentración de la DBO -- (Se) y los SSVLM (Xv,a) varían con respecto al tiempo de permanencia en el reactor.

3. Equipo necesario

Para el desarrollo de este trabajo se optó por el tipo de proceso continuo y el equipo necesario para esta operación principalmente es el siguiente:

- Un sistema de alimentación continua del influente regulado con bombas dosificadoras.
- Un sistema de inyección de aire
- La cámara propiamente del reactor
- Un sistema de recolección del efluente.
- Equipo de vidriería y reactivos para determinar OD, DBO, SSV, etc.

4. Celdas de Eckenfelder

El montaje de una celda de Eckenfelder para determinar las constantes señaladas anteriormente, esquemáticamente

se muestra en la Fig. 3.1., con la que tratamos de dar una idea de las partes que integran dicha celda y la forma de funcionamiento.

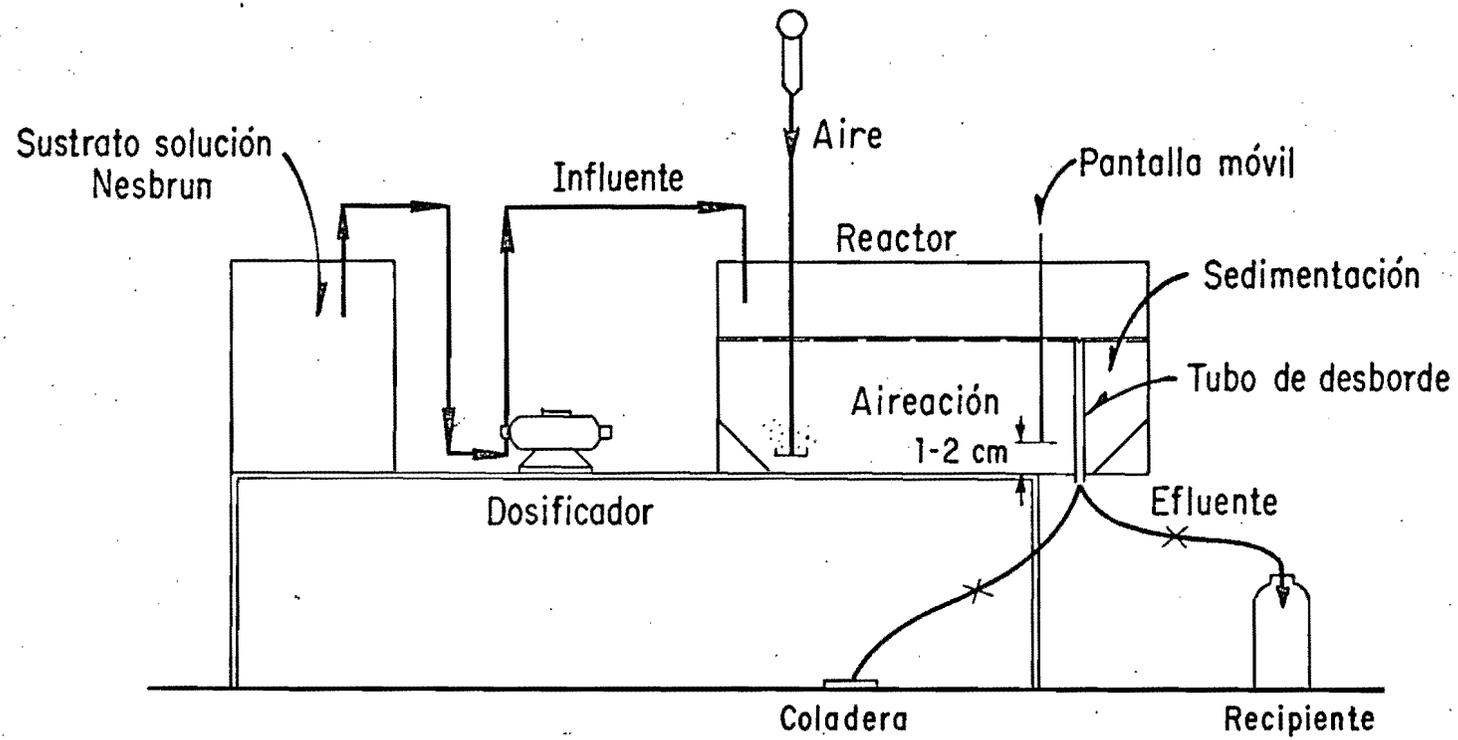


Fig 3.1 Montaje de la celda de Eckenfelder

Los reactores en número de 3 fueron construidos de material acrílico, de acuerdo a la figura 3.2 y con las dimensiones según la tabla 3.1. Cada reactor está dividido en dos secciones: la cámara de aireación y la cámara de sedimentación.

A la cámara de aireación entra la solución de Nesbrun mediante la acción de un dosificador de líquidos de las siguientes características:

Serie 94-100

0 - 1753

Presión máxima: 7:0 kg/cm²

Gasto máximo: 3.2 LPH

115 V 50/60 ciclos

WALLACE TIERNAN DE MEXICO, S.A.

El dosificador tiene por objeto mantener el gasto del influente a un valor constante.

Además a la cámara de aireación se inyecta aire que tiene por objeto mantener el proceso aerobio y en condiciones de mezclado completo. La cámara de aireación y la de sedimentación están separados por una pantalla móvil, la cual puede ser retirada completamente si se desea.

En la cámara de sedimentación se sedimentan los lodos y el líquido sobrenadante sale al recipiente del efluente o directamente a la coladera, por medio del tubo de desborde.

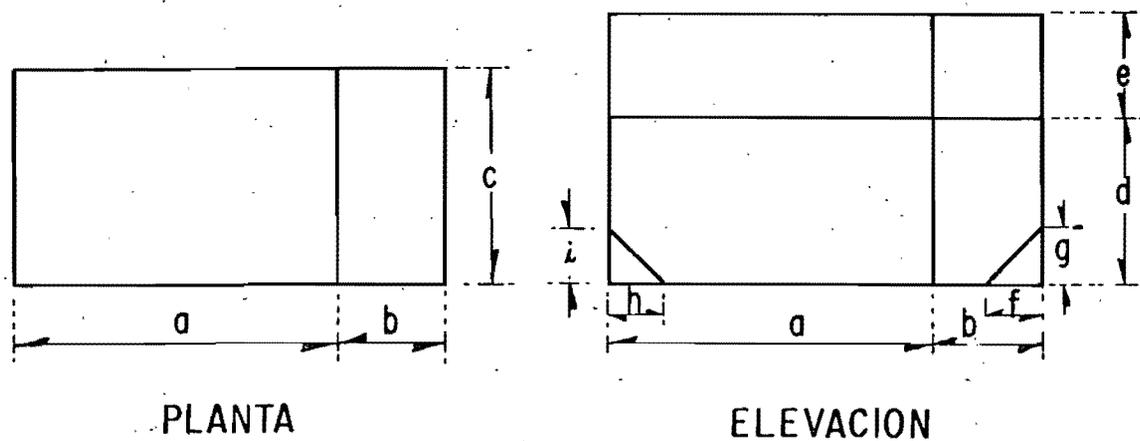


Fig. 3.2 Esquema del reactor

TABLA 3.1 Dimensiones de los reactores utilizados

REACTOR Nº	DIMENSIONES INTERIORES EN Cm								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	29.8	10.2	20.1	16.6	7.8	4.5	4.5	5.4	5.4
2	36.0	11.3	18.0	18.2	11.1	8.7	14.7	4.5	4.5
3	36.0	11.3	18.0	18.0	11.3	8.0	15.0	4.5	4.5

5. Aparato de medición de oxígeno disuelto (YSI).

Los medidores de oxígeno disuelto YSI Modelos 54ARC y 54 ABP sirven para medir Oxígeno Disuelto y temperatura en aguas de desecho y aguas en general, también puede ser aplicado a ciertos líquidos. Una delgada membrana permeable se extiende sobre los sensores polarográficos que aísla de los elementos del medio ambiente, pero permite entrar al oxígeno y ciertos gases. Cuando se aplica un voltaje polarizante a través del sensor, el oxígeno que ha pasado por la membrana reacciona en el cátodo causando un flujo de corriente. El oxígeno pasa la membrana en relación directa a la presión que causa este gas. Si la concentración de oxígeno es alta también la presión es alta y el oxígeno se difunde más a través de la membrana causando un incremento de la corriente de flujo en el sensor; al bajar la presión baja la corriente. De esta manera resulta ser un aparato muy útil para esta clase de determinaciones.

IV. OPERACION DEL EXPERIMENTO

1. Puesta en marcha

Para poner en funcionamiento se siguió los siguientes pasos:

- 1.1 Llenar con agua la celda y poner en marcha
- 1.2 Medir el volumen útil de la celda.
- 1.3 Ajustar el gasto en cada reactor. Se inició con 40, 30 y 20 ml/minuto en los reactores 1, 2 y 3 respectivamente.
- 1.4 Vaciar el agua
- 1.5 Poner el alimento (sustrato de solución Nesbrun) en tanques de 50 litros. Se inició con concentraciones de -- 400, 300 y 200 mg/l para los reactores 1, 2 y 3 respectivamente.
- 1.6 Poner en la celda, lodos activados, sedimentados durante media hora. Se colocó en cada celda 1.5 litros de lodos activados de la Planta de Chapultepec.
- 1.7 Poner en marcha la bomba dosificadora.
- 1.8 Conectar el aire
- 1.9 Con la pantalla móvil que separa las cámaras de aireación y sedimentación, dejar una separación de 1 a 2 cm. desde el fondo de la celda.
- 1.10 Conectar a un recipiente la salida del efluente.

2. Operación siguiente

Una vez iniciado el funcionamiento de los reactores, la operación siguiente consiste principalmente en lo siguiente:

- 2.1 Controlar el buen funcionamiento de las partes que integran las celdas de Eckenfelder.
- 2.2 Preparar el alimento (solución Nesbrun) en las concentraciones indicadas, de acuerdo al consumo del mismo.
- 2.3 Preparar agua de dilución.

- 2.4 Medir el gasto del influente diariamente.
- 2.5 Determinar la DBO_5 del influente y el efluente por lo menos 3 veces a la semana.
- 2.6 Determinar los SSVLM (solidos suspendidos volátiles del licor mezclado) y el IVL (indice volumétrico del lodo) - por lo menos 3 veces a la semana.
- 2.7 Determinar la tasa de consumo de oxígeno por lo menos una vez por semana.
- 2.8 Observar al microscopio periódicamente la variedad y el desarrollo adecuado de la población de microorganismos.
- 2.9 Anotar cualquier cambio en el aspecto del licor o funcionamiento del reactor.
- 2.10 Mantener limpio el Laboratorio.

3. Estabilización en el funcionamiento

Cada experimento requiere de 2 a 4 semanas antes de conseguir las condiciones estables de funcionamiento. Ramalho recomienda que la dilución hecha con el sustrato, en este caso la solución Nesbrun, debe ser tal que la concentración de SSVLM sea del orden de 2000 a 3000 mg/litro. Las condiciones de equilibrio se asume cuando son satisfechos tres criterios:

- a) Al tirar determinada cantidad de sólidos diariamente, la concentración de SSVLM debe permanecer constante.
- b) La razón de variación del oxígeno con respecto al tiempo permanece invariable.
- c) La DBO del efluente, llega a ser estable.

4. Dificultades presentadas en la operación

Durante la operación del experimento se presentaron varias dificultades, entre las principales tenemos las siguientes:

- En el montaje de las celdas no se disponía de las bombas-dosificadoras adecuadas para hacer funcionar 4 ó 5 reactores simultáneamente que es lo recomendable.
- El reactor No. 3 no disponía de dosificador por lo que el gasto presentaba muchas variaciones.
- Durante los sábados y domingos no se podía controlar el funcionamiento de los reactores lo que dificultaba la pronta obtención de las condiciones estables de funcionamiento.
- Los valores de DBO y SSVLM tenían muchas variaciones a causa de las razones que acabamos de anotar y además podía deberse a falta de precisión en el manejo de los reactivos, por lo que fue imposible obtener las condiciones estables de funcionamiento de acuerdo a lo estrictamente-recomendado.

V. RESULTADOS DE LABORATORIO

Después de ocho semanas de funcionamiento los resultados -- que consideramos satisfactorios son los mostrados en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3. El consumo de oxígeno fue determinado en 3 diferentes fechas y sus resultados se encuentran en -- las tablas 5.4, 5.5 y 5.6 y en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

El valor del consumo de oxígeno está determinado por la pendiente de la recta en las figuras graficadas con el tiempo-- en las abscisas y el O.D. en las ordenadas.

Durante las observaciones a l microscopio se pudo observar-- la presencia de gran cantidad de microorganismos filamento-- sos y nemátodos y poca población de rotíferos. Al pasar el tiempo se notó el aumento de población de la misma especie-- debido a la gran cantidad de alimento que permite el creci-- miento y reproducción de los microorganismos, lo que indica un resultado satisfactorio. Posiblemente el Nesbrun no es el sustrato apropiado, porque da lugar a la presencia de mu--- chos microorganismos filamentosos, los cuales no permiten -- una sedimentación fácil de los lodos.

El color del licor fue café claro y permaneció más o menos-- invariable durante todo el experimento igualmente el valor-- del PH fue alrededor de 7 durante la experimentación.

Los efectos de la temperatura se ha considerado desprecia-- ble. Friedman y Schroeder (referencia No. 5) y por otro ladó, Sayigh y Malina (referencia No. 6) expresan que la ra-- pidez de remoción del sustrato, la producción de lodos y la utilización del oxígeno no presentan variaciones de conside-- ración para rangos de 4 a 20°C de temperatura, pues al ser-- graficados los resultados de un experimento, las rectas de -- mejor ajuste fueron casi paralelas, por lo que sus pendien-- tes prácticamente eran iguales. Solamente notaron variacio-- nes considerables para una temperatura de 31°C.

Sin embargo si deseáramos obtener valores más precisos con-- la intervención de los efectos que produce la temperatura,--

podemos utilizar la expresión de Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \theta^{(T-20)}$$

en la que:

K_T = rapidez de remoción del sustrato a la temperatura requerida de $T^\circ\text{C}$;

K_{20} = valor conocido de la rapidez de remoción del sustrato a 20°C .

θ = coeficiente de temperatura (depende de la variabilidad de las características en el sustrato y la amplitud de adaptación de las bacterias).

TABLA 5.1 Datos de Laboratorio

Reactor No. 1

Fecha	DBO ₅ INF.	DBO ₅ EFL.	SSVLM X _{v,a} mg/l	Q ml/min	Consumo O ₂ mg/lxd	Prod. Lodos ΔX _T /V	IVL %
18/03/81	550	10		9			
19/03/81	490	50		9			
20/03/81	590	40		10			
23/03/81	524	12	2550	10			173
24/03/81	574	20	2810	8			164
25/03/81	590	30	2880	10	677	244	156
26/03/81			3280				143

TABLA 5.2 Datos de Laboratorio

Reactor No. 2

Fecha	DBO ₅ INF.	DBO ₅ EFL.	SSVLM X _{v,a} mg/l	Q ml/min	Consumo O ₂ mg/l×d	Prod. Lodos ΔX _r /V	IVL %
18/03/81	240	10		10			
19/03/81	210	13		10			
20/03/81	304	20		10			
23/03/81	278	25	1640	8			91
24/03/81	304	10	1735	8			98
25/03/81	290	30	1770	9	256	85	124
26/03/81			1895				111

TABLA 5.3 Datos de Laboratorio

Reactor No. 3

Fecha	DBO ₅ INF.	DBO ₅ EFL.	SSVLM X _{v,0} mg/l	Q m ³ /min	Consumo O ₂ mg/l x d	Prod. Lodos ΔX _T /V	IVL %
18/03/81	110	0		7			
19/03/81	90	20		10			
20/03/81	80	10		13			
23/03/81	70	5	1365	12			103
24/03/81	80	10	1410	8			92
25/03/81	74	5	1395	4	113	28	93
26/03/81			1450				83

TABLA 5.4

MEDICION DE LA TASA DE CONSUMO DE OXIGENO EN EL "YSI"

TIEMPO (min)	LECTURA DE O.D. EN mg/l		
	R ₁	R ₂	R ₃
0	4.20	5.90	6.62
1	3.35	5.70	6.55
2	2.85	5.45	6.46
3	2.32	5.25	6.39
4	1.90	5.05	6.30
5	1.40	4.85	6.20
6	0.95	4.69	6.11
7	0.50	4.50	6.02
8	0.14	4.34	5.98
9		4.19	5.89
10		4.02	5.81
11		3.88	5.76
12		3.70	5.69
13		3.58	5.60
14		3.40	5.52
15		3.26	5.47
16			5.39

FECHA : 23 / 02 / 81

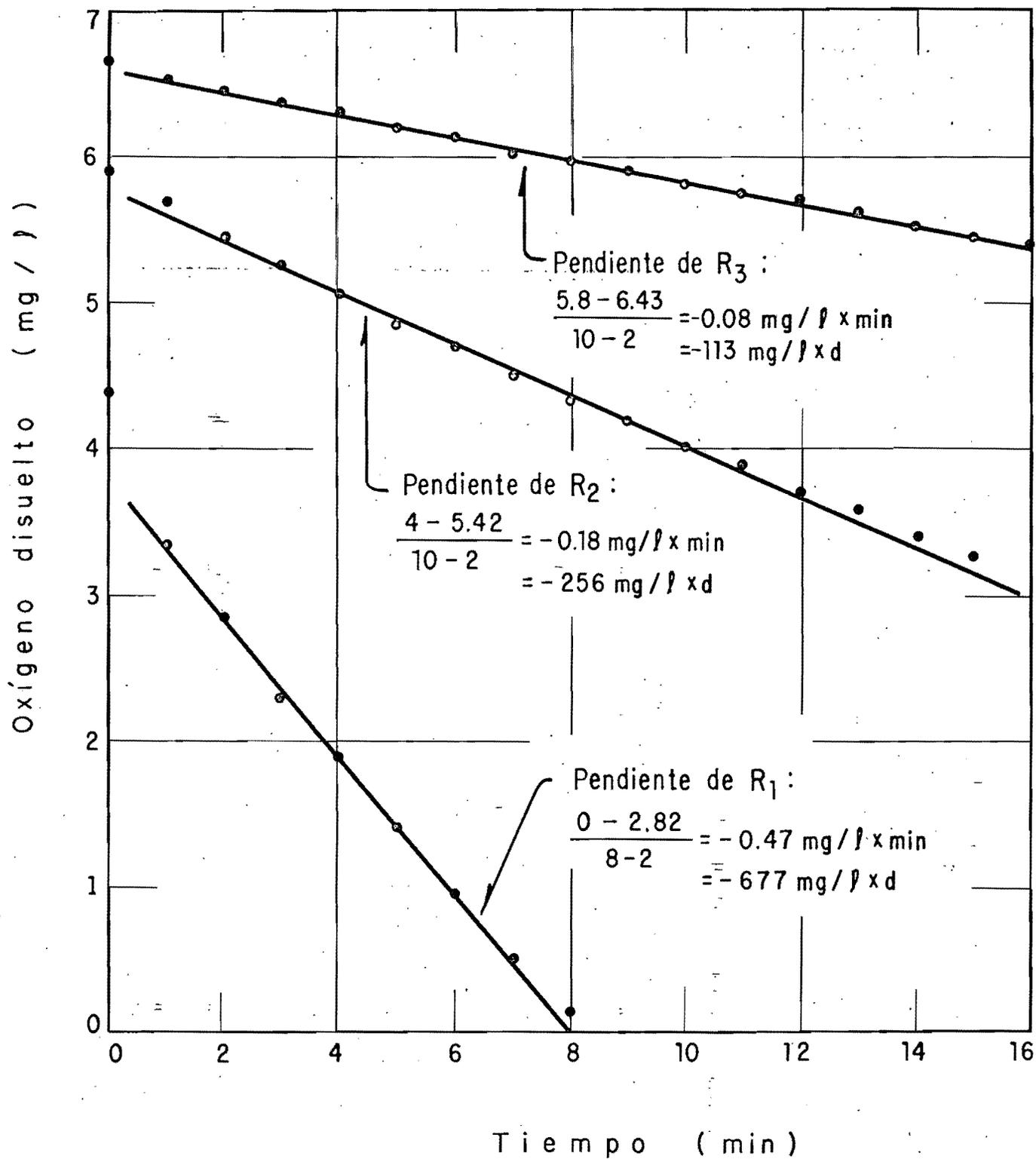


Fig 5.1 Consumo de oxígeno (23/02/81)

TABLA 5.5

MEDICION DE LA TASA DE CONSUMO DE OXIGENO EN EL "YSI"

TIEMPO (min)	LECTURA DE O.D. EN mg/l		
	R ₁	R ₂	R ₃
0	3.68	5.03	6.45
1	3.18	4.70	6.33
2	2.71	4.55	6.24
3	2.27	4.35	6.17
4	1.85	4.17	6.10
5	1.43	4.00	6.04
6	1.01	3.73	5.98
7	0.62	3.64	5.94
8	0.23	3.45	5.88
9		3.24	5.83
10		3.08	5.78

FECHA : 4 / 03 / 81

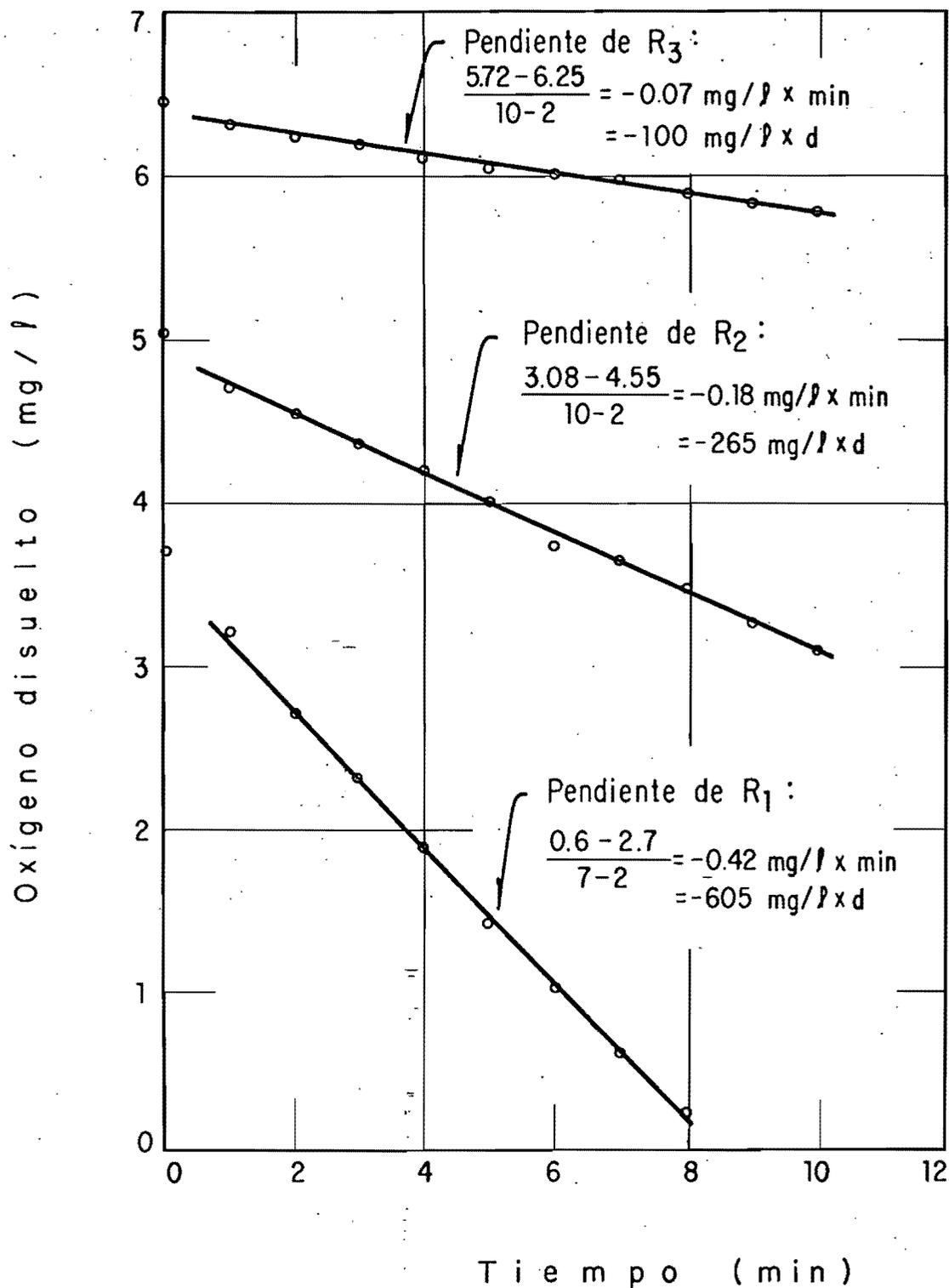


Fig 5.2 Consumo de oxígeno (4/03/81)

TABLA 5.6

MEDICION DE LA TASA DE CONSUMO DE OXIGENO EN EL "YSI"

TIEMPO (min)	LECTURA DE O.D. EN mg/l		
	R ₁	R ₂	R ₃
0	4.5	7.0	6.8
1	4.3	6.8	6.7
2	3.6	6.6	6.5
3	3.3	6.4	6.4
4	2.8	6.2	6.3
5	2.3	6.0	6.2
6	1.9	5.9	6.1
7	1.5	5.7	6.0
8	1.0	5.5	5.9
9	0.6	5.3	5.8
10		5.1	5.6
11		4.9	5.5
12		4.7	5.4
13			5.3
14			5.1

FECHA : 25 / 03 / 81

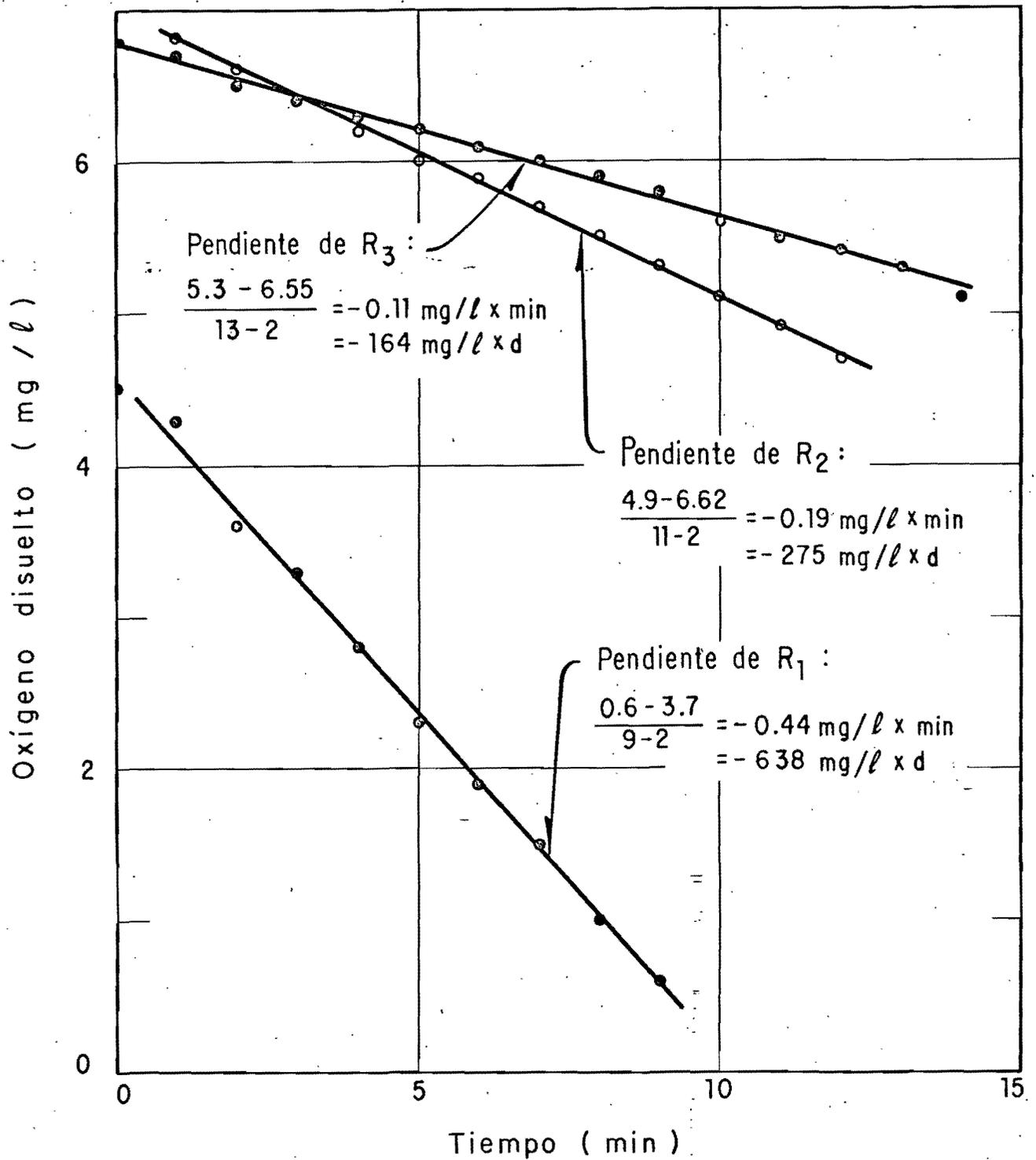


Fig 5.3 Consumo de oxígeno (25/03/81)

VI. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS Y DETERMINACION DE LAS --- CONSTANTES.

Para la preparación de la tabla 6.1 que resume todos los datos de laboratorio se siguió las siguientes consideraciones:

- a) El volumen de cada reactor corresponde al volumen que -- ocupa el licor en la cámara de aireación y en la de sedi-
mentación.
- b) Los valores de la DBO_5 , tanto del influente como del ---
efluente corresponde a valores promedio de los datos re-
gistrados en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3.
- c) Los valores de los SSVLM, igualmente corresponde a valo-
res promedio de los datos de laboratorio anotados en las
tablas 5.1, 5.2, y 5.3.
- d) Los valores del gasto expresados en l/día corresponde a
los promedios de los anotados en las tablas 5.1, 5.2 y -
5.3, luego de hacer la correspondiente transformación de
ml/min a l/día.
- e) Los valores de consumo de oxígeno corresponde a los valo-
res obtenidos de acuerdo a la figura 5.3 de fecha 25 de
marzo de 1981.
- f) Los valores de la producción de lodos expresados en mg/-
día corresponde a los valores obtenidos mediante la rela-
ción entre la diferencia de los valores de SSVLM del úl-
timo y primer día dividido para el número de días. Los
valores para estas operaciones se encuentran en las ta--
blas 5.1, 5.2 y 5.3.

La forma estricta de obtener esos valores sería: calcular los sólidos que se tiran diariamente, cuyo valor debe -- ser tal, que permita obtener una concentración de SSVLM-
constante en el reactor. Por lo tanto, una vez obtenido el equilibrio en el funcionamiento, todos los lodos producidos en el día deberían ser tirados a la coladera.

TABLA 6.1 Resumen de los datos de laboratorio .

REACTOR Nº	VOLUMEN V (litros)	DBO INF S_o (mg / l)	DBO EFL S_e (mg / l)	SSVLM $X_{v,a}$ (mg / l)	Q (l / día)	CONSUMO (mg O_2 / l x d)	PROD. LODOS $\Delta X_t / V$ (mg / l x d)	IVL %
1	12.85	553	27	2880	13.50	638	244	159
2	14.16	271	18	1760	13.20	275	85	106
3	14.06	84	8	1405	13.00	164	28	93

Como la mayor parte del tiempo de operación del experimento las condiciones predominantes en el reactor fueron la de respiración endógena, la producción de lodos era tan pequeña que resultaba difícil determinarla en la probeta; por otra parte, esa circunstancia nos ayudó a suponer que el reactor se encontraba en equilibrio y proceder al cálculo de la producción de lodos en la forma que se indica al inicio de este literal.

- g) El IVL de cada reactor se obtuvo del promedio de los valores de las tablas 5.1, 5.2 y 5.3.

Para determinar las constantes de diseño k , a , a' , b y b' se siguen los siguientes pasos:

Paso 1.- Determinación de la constante de remoción k :

Para determinar el valor de k se elabora la tabla 6.2 a partir de los datos de laboratorio. Con los valores de las columnas 3 y 9 de la tabla 6.2 se grafica la figura 6.1. Luego se aplica la ecuación 2.1, y el valor de k queda determinado por la pendiente de la recta de mejor ajuste. En este caso $k = 0.0075 \text{ día}^{-1} = 0.00031 \text{ hr}^{-1}$. S_n corresponde al valor de la abscisa cuando el valor de la ordenada se hace cero. En este caso $S_n = 0.7 \text{ mg/l}$.

Paso 2.- Determinación de las constantes de utilización de oxígeno a' y b' .

Para determinar las constantes a' y b' se prepara la tabla 6.3 y con los valores de las columnas 4 y 5 de la misma tabla se dibuja la figura 6.2. Se aplica la ecuación 2.4. El valor de a' corresponde a la pendiente de la recta que mejor se ajusta a los 3 puntos; en este caso $a' = 0.72 \text{ mg O}_2/\text{mg total DBO}_5 \text{ removidos}$. b' corresponde al valor de la ordenada cuando la absci

sa vale cero, en este caso $b' = 0.07 \text{ mg O}_2/(\text{día})$ (mg--SSVLM).

Paso 3.- Determinación de las constantes de producción de lodos a y b:

Similarmente se prepara la tabla 6.4 y con las columnas 4 y 5 de esta tabla se grafica la figura 6.3. Para encontrar el valor de las constantes a y b se aplica la ecuación 2.2. La pendiente de la recta de mejor ajuste corresponde al valor de a, en este caso $a = 0.46 \text{ mg SSVLM/mg total DBO}_5$ removidos. El valor de la ordenada para cuando la abscisa vale cero, define a la constante b, en este caso $b = 0.008 \text{ mg SSVLM}/(\text{día})$ (mg SSVLM).

Se ha considerado que las concentraciones de SSNV y SSVLM en el influente son despreciables por consiguiente $X_{wv}, o \cong X_{wv}, e \cong X_{v}, o \cong 0$.

La eficiencia (E) del tratamiento puede ser definida con la siguiente expresión:

$$E = 100 \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

En nuestro experimento los valores de la eficiencia para cada reactor son:

$$E_1 = 95.1\%$$

$$E_2 = 93.4\%$$

$$E_3 = 90.5\%$$

TABLA 6.2 Constante de Remoción

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
REACTOR No.	S_0 (mg/l)	S_e (mg/l)	$X_{v,a}$ SSVLM (mg/l)	Q (l/día)	$t = \frac{V}{Q}$ (día)	(2)-(3) $S_0 - S_e$ (mg/l)	(4) x (6) $X_{v,a} \cdot t$ ($\frac{\text{mg día}}{\text{litro}}$)	(7) ÷ (8) $(S_0 - S_e) / X_{v,a} \cdot t$ (día ⁻¹)	(2) ÷ (8) $\frac{F}{M} = \frac{S_0}{X_{v,a} \cdot t}$ $\frac{\text{mg DBO}_5}{(\text{mg SSVLM})(\text{día})}$	IVL %
1	553	27	28,80	13,50	0.952	526	2742	0.192	0.202	159
2	271	18	1760	13.20	1.073	253	1888	0.134	0.144	106
3	84	8	1405	13.00	1.082	76	1520	0.050	0.055	93

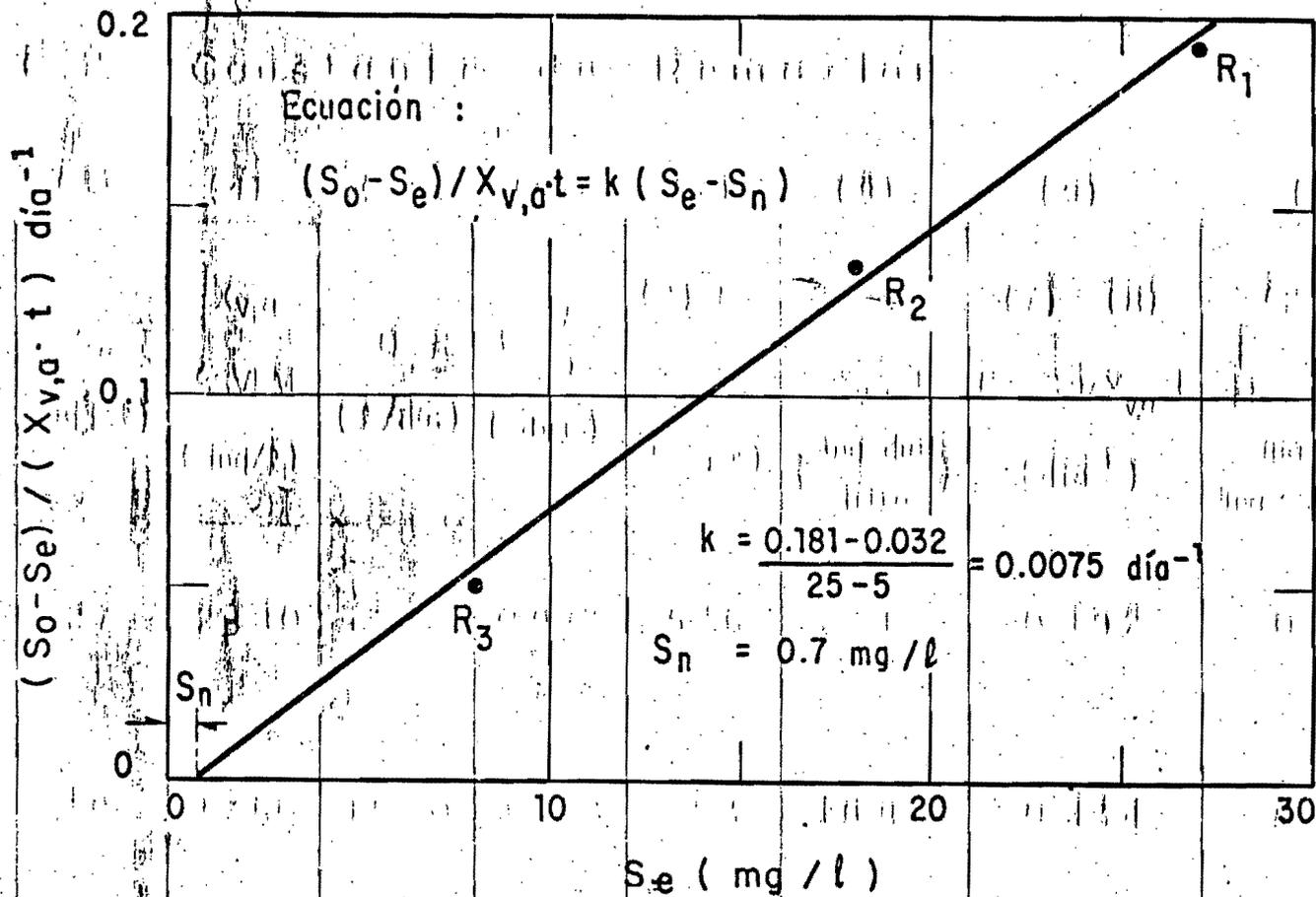


Fig 6.1 Determinación de k y S_n

TABLA 6.3 .- Constantes de la utilización de oxígeno

(1) REACTOR No	Datos de laboratorio		Datos calculados	
	(2) $X_{v,a}$ (mg / l)	(3) R_r (mg O ₂ / l x d)	(4) $(3) \div (2)$ $R_r / X_{v,a}$ (día ⁻¹)	(5) $(S_0 - S_e) / (X_{v,a} \cdot t)$ (día ⁻¹)
1	2880	638	0.221	0.192
2	1760	275	0.156	0.134
3	1405	164	0.117	0.050

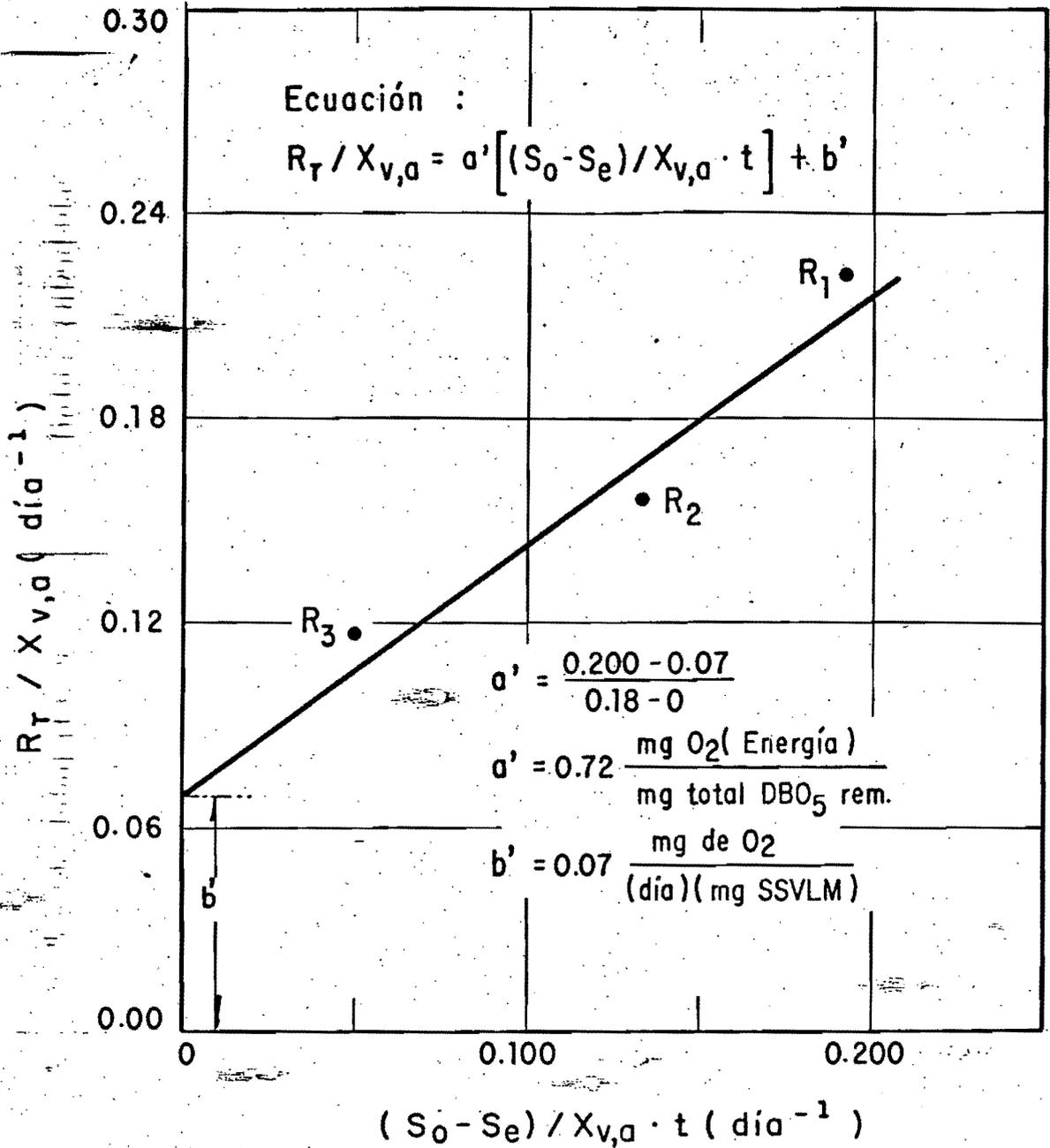


Fig 6.2. Determinación de a' y b'

TABLA 6.4 . _ Parámetros de la producción de lodos .

(1) REACTOR Nº	(2) $\Delta X_t / v$ [mg SS/ℓ x día] (Total ss)	(3) $X_{v,a}$ (mg / ℓ)	(4) $\frac{\Delta X_t / v}{X_{v,a}}$ mg SSVLM (día)(mg SSVLM)	(5) $\frac{S_0 - S_e}{X_{v,a} \cdot t}$ (día ⁻¹)
1	244	2880	0.085	0.192
2	85	1760	0.048	0.134
3	28	1405	0.020	0.050

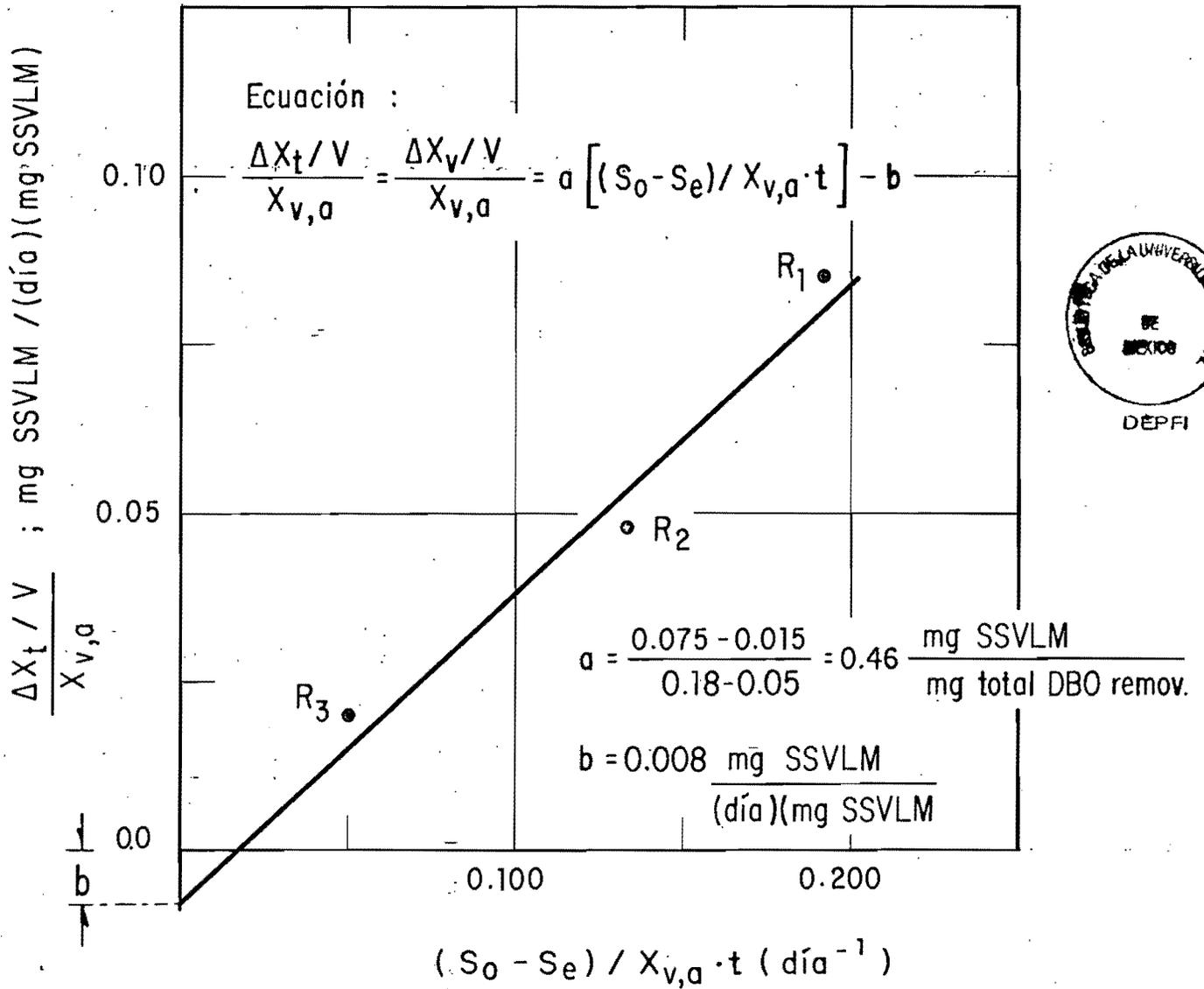


Fig 6.3 Determinación de a y b

RESUMEN DE LAS CONSTANTES

$$K = 0.0075 \text{ día}^{-1}$$

$$a = 0.46 \text{ mg SSVLM/mg total DBO}_5 \text{ removidos}$$

$$a' = 0.72 \text{ mg O}_2/\text{mg total DBO}_5 \text{ removidos}$$

$$b = 0.008 \text{ mg SSVLM}/(\text{día}) \text{ (mg SSVLM)}$$

$$b' = 0.07 \text{ mg O}_2/(\text{día}) \text{ (mg SSVLM)}$$

VII. COMENTARIOS

Partiremos de la tabla 7.1 para comparar los resultados obtenidos, con los valores típicos de las constantes para --- aguas domésticas presentadas por Ramalho. (Ref. No. 1).

1. La constante de degradación (k) de la solución Nesbrun resulta más bajo del rango de valores recomendados por Ramalho para aguas residuales domésticas.
2. Las constantes de producción de lodos (a , b) son menores que los valores recomendados por Ramalho.
3. En tanto que los valores de las constantes de utilización de oxígeno se nota que a' es mayor que la de Ramalho y b' es menor.
4. Los valores de esta operación, concuerdan con los valores obtenidos mediante el proceso estático (batch) en años anteriores.
5. A pesar de tener el valor de k muy bajo, los valores de E son altos, ésta se debe al tiempo de residencia de los lodos muy alto.
6. El índice volumétrico de lodos (IVL) especialmente del reactor 1 es muy alto, lo que quiere decir que son difíciles de sedimentar los lodos.
7. Los primeros días de operación se añadió nutrientes a la solución Nesbrun, con lo que se notó un exceso de alimentación, por lo que se suspendió inmediatamente.
8. Para mejorar la sedimentación de lodos se añadió agua oxigenada al licor sin obtener resultados favorables. La adición de agua oxigenada se basó en la presencia abundante

TABLA 7.1 .— Comparación de resultados

Constantes	Resultados del Experimento (Solución NESBRUN)	Valores típicos por Ramalho (Aguas negras domésticas)
k	0.0075	0.017 - 0.03
a	0.46	0.73
a'	0.72	0.52
b	0.008	0.075
b'	0.07	0.106

dante de flóculos flotantes, pero luego se observó que la flotación se debió a la presencia de burbujas de gas que seguramente tiene origen en la descomposición de las proteínas que se encontraban en exceso.

Además, con el agua oxigenada se observó modificaciones desfavorables en los resultados de la DBO. Todo esto condujo a suspender la adición de nutrientes y de agua oxigenada, obteniéndose buenos resultados.

9. Debido a que el valor de k es muy bajo y de acuerdo a los demás resultados, se considera que el Nesbrun no es muy recomendable para fines didácticos. Pues, los valores de las constantes deberían ser muy próximos al de las aguas residuales presentadas en la Tabla 7.1. Se recomienda experimentar con otros sustratos, por ejemplo azúcar común de caña con la adición de nutrientes, o una solución de glucosa.

REFERENCIAS

1. RAMALHO R.S., Introduction to Wastewater Treatment Processes. Academic Press, New York, 1977.
2. METCALF AND EDDY, INC. Wastewater Engineering Collection-Treatment Disposal. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1972.
3. RIVAS MIAJRES G. Tratamiento de Aguas Residuales. Ediciones Vega, Segunda Edición, Venezuela, 1978.
4. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 13a. Edición, -- New York, 1972.
5. Journal Water Pollution Control. Federation, Volumen 44, - No. 5, 1972. "Temperature Effects on Growth and Yield of Activated Sludge". Friedman A.A. and Schroeder, E.D.
6. Journal Water Pollution Control. Federation Vol. 50 No. - 4, 1978. "Temperature Effects on the Activated Sludge Process". Sayigh B.A. and Malina Jr. J.F.