

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO AERÓBICO DE LODO BAJO CONDICIONES TROPICALES

A. Guillén Barroso y T. Perruolo
Facultad de Ingeniería
División de Postgrado
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

RESUMEN

El tratamiento de las aguas residuales trae consigo la producción de lodo que debe ser tratado para disponer de él convenientemente. El objetivo de este trabajo, es estudiar uno de esos tratamientos como lo es la digestión aeróbica bajo condiciones tropicales.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un plan de trabajo en tres etapas; en la 1ra. etapa se realizó una evaluación del digestor aeróbico de una Planta en Lagunillas, Edo. Zulia, mediante un muestreo diario, donde se determinaron parámetros relacionados con su funcionamiento. Como una segunda etapa, se instaló un reactor de carga en el laboratorio con lodo proveniente de la misma Planta, realizándose análisis a diario para determinar parámetros que permitieran determinar las constantes cinéticas de diseño más importantes, y como una tercera etapa, se manejó el reactor cambiando los tiempos de retención para determinar al final un nuevo valor de las constantes cinéticas y compararlo con las determinadas anteriormente.

Para el estudio en el reactor de carga, se utilizó el modelo cinético propuesto por Adams (1981) cuya metodología se modificó para hacerlo más sencillo.

De los resultados analizados en el digestor de la Planta, se concluye que éste no está siendo bien operado, aún cuando los resultados no son concluyentes del grado de estabilidad alcanzado en el lodo. De los análisis en el reactor, se concluye, que empleando la metodología mencionada, para dos lodos de la misma Planta, la constante de degradación de los sólidos suspendidos volátiles son iguales ($K_b = 0,18 \text{ días}^{-1}$), que la fracción de los sólidos suspendidos volátiles no degradables depende de cada lodo ($X_{n1} = 1680 \text{ mg/l}$ y $X_{n2} = 2200 \text{ mg/l}$), y que la relación X_o/X_n parece no variar mucho de un lodo a otro (0,46-0,54).

ABSTRACT

Treatment of residual waters produces sludge which must be treated before it is disposed. This work studies sludge aerobic digestion under tropi-

cal conditions.

A work plan in three stages was carried out; in the first stage, an evaluation of the aerobic digester of the wastewater treatment plant, in Lagunillas, (Zulia State), this was made taking daily samples. Parameters related to its function were determined. In the second stage, a batch reactor was set in the laboratory and sludge from the same Plant was digested, daily analysis was made to determine parameters that would allowed determination of important kinetic design constants. In the third, the reactor was operated, changing the retention time in order to finally determine a new value for the kinetic constants and to compare it with those determined earlier.

For the study in the batch reactor, the kinetic model proposed by Adams (1981) was used, methodology was modified to make it simpler.

From the results analyzed in the Plant's digester, it was concluded that this was not being operated well, never the less results are not conclusive of the grade of stability reached in the sludge.

From the analyses in the reactor, it was concluded that, employing the methodology mentioned, for two sludge samples from the same Plant, degradation constant of the volatile suspended solids not degradable depends on each sludge ($X_{n1}=1680 \text{ mg/l}$) and the relation X_o/X_n seems not to vary a lot from one sludge sample to another (0,46 - 0,54).

INTRODUCCION

El tratamiento de las aguas residuales trae consigo la producción de lodos, los cuales a su vez demandan tratamiento para disponer de ellos sin causar problemas. Uno de los tratamientos factibles es el de la digestión aeróbica.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el proceso de la digestión aeróbica bajo condiciones tropicales. Para cumplir con este objetivo se llevó a cabo un Plan de trabajo en tres etapas; en la primera se realizó un muestreo diario en el digestor de una Planta de tratamiento en Lagunillas (Es-

tado Zulia), para determinar parámetros relacionados con su funcionamiento. En la segunda etapa se instaló un reactor de carga en el laboratorio, con lodo proveniente de la misma Planta, para la determinación de las constantes cinéticas que permitirán el diseño de digestores aeróbicos; para ello se tomó como base el modelo cinético propuesto por Adams (1981), el cual es probablemente el modelo más frecuentemente utilizado en diseño. El modelo propone una metodología que fue modificada adaptándola a los objetivos del trabajo. Como una última etapa, se manejó el reactor con flujo intermitente, cambiando los tiempos de retención del lodo para determinar al final un nuevo valor de las constantes cinéticas y compararlas con las determinadas anteriormente.

De este trabajo se concluyó, que para dos lodos de la Planta estudiada, la constante de la tasa de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles degradables (K_b) permanece constante y la fracción de sólidos suspendidos volátiles no degradables (X_n) varió poco.

OBJETIVOS

Esta investigación persiguió estudiar el proceso de la digestión aeróbica bajo condiciones tropicales, este objetivo es el producto de que en nuestra región no se tienen datos de las constantes cinéticas de diseño para digestores de este tipo, teniéndose que recurrir a datos de la bibliografía extranjera.

Para cumplir con este objetivo se planteó:

- a.- Evaluar el funcionamiento de un digestor aeróbico de una Planta de la Región.
- b.- Establecer una metodología en el laboratorio que sirviera de base para próximos trabajos.
- c.- Determinar en el laboratorio las constantes cinéticas que permitan el diseño de digestores aeróbicos.

METODOLOGIA

En la primera etapa de este trabajo, se estudió el digestor de la Planta Norte de MARAVEN en Lagunillas (Estado Zulia), durante el tiempo que duró un ciclo de digestión. El muestreo comenzó cuando se estaba llenando el digestor, tomándose una muestra en la entrada del mismo, los días sucesivos se tomó de la mezcla aireada en el digestor y el último día se tomaron dos muestras, una de la mezcla aireada antes de parar el aereador y otro en la descarga a los lechos de secado. A la muestra se le determinó temperatura, pH y oxígeno disuelto en el sitio de muestreo, analizándose en el laboratorio los sólidos suspendidos totales y volátiles.

La segunda etapa del trabajo tuvo como finalidad principal determinar la constante de la tasa de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles (K_b), la fracción de los sólidos suspendidos volátiles no degradables (X_n) y la relación sólidos suspendidos volátiles no degradables/sólidos suspendidos en el influente (X_n/X_o). La metodología empleada se basó en la descrita por Adams en su modelo matemático para representar la digestión aeróbica haciéndose algunas modificaciones para adaptarla a los objetivos de este trabajo; para ello se instaló un reactor de carga de forma cilíndrica con una capacidad de 15.7 litros aproximadamente, este reactor se trabajó con 10 litros de lodo de la Planta en estudio, al que se le suministró aire continuamente, determinándose a diario los mismos parámetros analizados en la Planta hasta detectar que la concentración de los sólidos suspendidos volátiles se mantuviese más o menos constante. El pH hubo necesidad de ajustarlo cuando bajó de 6.5 agregándose Ca(OH)_2 2M de ml en ml hasta estabilizarlo en 7.5 aproximadamente.

En la tercera etapa del estudio, se cambió el proceso en el reactor, de carga a flujo intermitente, variando el tiempo medio de retención del lodo, para ello se trajo aproximadamente 25 litros de lodo de la Planta al que se le realizaron los siguientes análisis:

Sobrenadante: pH, SST, SSV, DBO_5 , DBO_5 , soluble, DQO, nitrógeno total, fósforo total.

Lodo: pH, SST, SSV, Nitrógeno total y Fósforo total.

De los 25 litros de lodo se tomaron 10 litros y se aerearon en el reactor por 7 días, con la finalidad de que los microorganismos alcanzaran más rápidamente el estado estacionario al comenzar a cambiar la edad media de lodo. Como primera edad media se tomó 10 días, para ello se cambió a diario 1 litro de lodo digerido por 1 litro de lodo sin digerir, hasta detectar una cierta estabilidad en la concentración de los SSV, observándose esto luego de 22 días, en los cuales los 15 primeros se utilizó el lodo traído inicialmente el cual había sido guardado para tal fin en el laboratorio a baja temperatura y los 7 días restantes se utilizó un nuevo lodo traído de la misma Planta. Culminada esta fase, se modificó el tiempo medio de retención a 20 días para lo cual se cambió solamente 1/2 litro de lodo al día; una vez finalizadas estas tres fases, se procedió a utilizar el reactor como de carga, aereando el mismo lodo por 31 días, tiempo que fue necesario para que la concentración de los sólidos suspendidos volátiles se estabilizaron y determinar así una nueva constante de destrucción de los SSV (K_b) la fracción de los sólidos suspendidos volátiles no degradables (X_n) y la relación X_n/X_o comparando estos resultados con los determinados anteriormente.

Durante todas las etapas se determinaron a diario la temperatura, el pH y los sólidos suspendidos totales y volátiles. Al igual que en la etapa anterior, cuando el pH tuvo tendencia a bajar, se agregó Ca(OH)_2 para ajustarlo.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE MARAVEN

Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto:

Los resultados arrojaron que la temperatura máxima en el digestor fue de 32°C y la mínima de 27°C, lo que indica que están trabajando las bacterias mesófilas que son las que actúan entre los 20°C a los 50°C y son las que están presentes en los procesos aeróbicos. En cuanto al pH, se registró en todo momento un valor muy cercano a 7, lo cual es muy deseable en este tipo de proceso. Con respecto al oxígeno disuelto, se observó marcadas variaciones registrándose un valor máximo de 2,7 mg/l, un mínimo de 0,5 mg/l y un promedio de 1,5 mg/l, este valor medio está por debajo de lo establecido en el Manual de Operación de la Planta que establece mantener una concentración entre 2-4 mg/l.

Sólidos Suspendidos Totales:

Puede observarse en la gráfica N° 1, que los valores de los sólidos suspendidos totales presentaron dos períodos de poca fluctuación entre los días 11 al 15 y entre los días 18 al 22. Se pudo notar de que a pesar de que en los días 11, 18 y 19 se agregó lodo luedo de tomada la muestra, la concentración de los sólidos suspendidos totales al día siguiente varió poco, esto puede deberse a que la degradación de la parte volátil ocurrió en 24 horas, o a que en el digestor no está ocurriendo la mezcla completa.

Los resultados también arrojaron un período de aumento de los sólidos entre los días 15 al 18, esto se debió a que los sólidos fijos y los volátiles no biodegradables se van acumulando en el digestor como puede apreciarse en la misma gráfica.

Según los datos registrados, la concentración de los lodos como sólidos suspendidos totales a la entrada del digestor es muy baja (4090 mg/l), ya que según la bibliografía consultada, la concentración de los lodos en el tanque de aereación debería estar en el orden de los 5000 mg/l y por lo tanto, los lodos sedimentados en el clarificador, que son los que entran al digestor, deberían tener una concentración varias veces mayor. Esta baja concentración parece indicar, o un mal funcionamiento en el sedimentador, o que por la forma de medir la concentración de lodo en el tanque de aereación ésta no está bien controlada.

Sólidos Suspendidos Volátiles:

Los resultados mostraron que luego de 15 días de digestión es cuando hay una tendencia a la estabilización de los SSV (ver Gráfico N°1).

Temperatura y pH:

La Temperatura media de operación fue de 27,5°C, con lo cual se determinaron las constantes cinéticas. El pH tendió a disminuir a partir del cuarto día de aereación, lo cual hubo que contrarrestar agregando Ca(OH)₂, esta tendencia a disminuir el pH puede deberse a:

- Arrastre del CO₂ disuelto, por la aereación.
- Arrastre del Amoníaco.
- Nitrificación.

Sólidos Suspendidos Totales:

La concentración de los SST disminuyó con el tiempo, considerándose error en la determinación de los mismos cuando se produjo alzas en los resultados.

Sólidos Suspendidos Volátiles:

Este parámetro se tomó como referencia para medir el grado de estabilización del lodo digerido.

Pudo observarse que a medida que pasa el tiempo, la concentración de los SSV disminuye; todas las concentraciones se graficaron contra el tiempo, trazándose luego una curva promedio para determinar la fracción no degradable (Xn) donde la curva se hace asintótica con el eje del tiempo (ver Gráfico N° 2); este valor de Xn = 1680 mg por litro, se utilizó para el cálculo del porcentaje máximo de remoción en el reactor y para la obtención de la tasa de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles (Kb).

% máximo de remoción =

$$\frac{SSV \text{ influente} - SSV \text{ efluente}}{SSV \text{ influente}} \times 100$$

% máximo de remoción =

$$\frac{(3630 - 1680) \text{ mg/l}}{3630 \text{ mg/l}} \times 100 = 53,7$$

La tasa de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles se obtuvo como sigue:

- Se determinaron los sólidos suspendidos volátiles degradables remanentes en el reactor para diferentes tiempos de digestión.

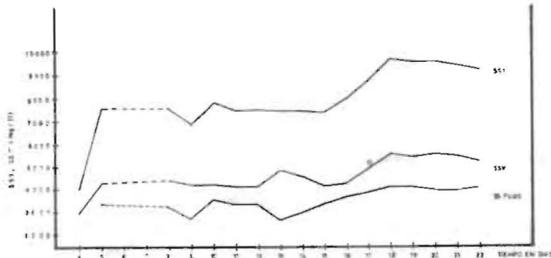
$$SSVDR = SSV \text{ remanente} - X_n$$

donde:

SSV remanente son los determinados a diario en el reactor.

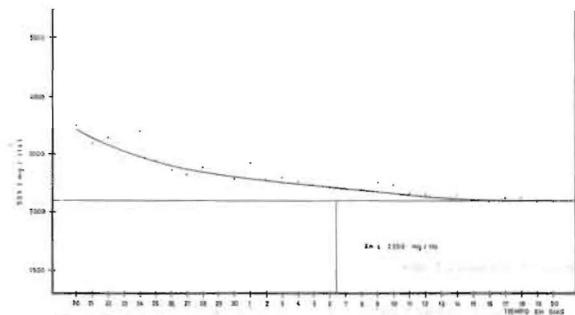
X_n es la fracción no degradable (1680 mg/l).

- Una vez hallados los SSVDR se le calculó sus logaritmos neperiano (Ver Tabla N°1), a estos valores se les aplicó regresión lineal y se graficaron contra el tiempo de aereación, determinándose la pendiente de la recta, la cual representa la constante buscada (K_b). En este caso se se obtuvo un K_b de 0.18 días⁻¹ para una temperatura media de 27.5°C (ver gráfica N°3).



GRAFICA N° 1 VARIACIONES DIARIAS DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLATILES EN EL DIGESTOR
PLANTA DE TRATAMIENTO MARAYEN LAQUILLAS SEPTIEMBRE 1988

NOTA: LOS DIAS 6 Y 7 NO SE TOMO MUESTRA

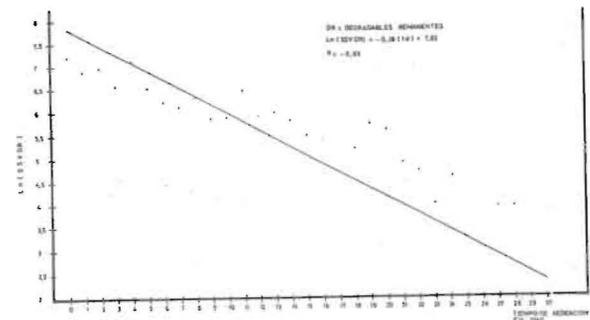


GRAFICA N° 2: CALCULO DE LA FRACION NO BIODEGRADABLE EN EL REACTOR DE CARGA
TERCERA ETAPA - CUARTA FASE. PERIODO DEL 20/06/87 AL 20/07/87

TABLA N° 1

CALCULO DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES DEGRADABLES REMANENTES USADOS PARA DETERMINAR LA CONSTANTE DE DEGRADACION K_b EN EL REACTOR DE CARGA, 2da. ETAPA

Tiempo de Aereación (días)	SSV Remanente (mg/L)	SSV No degradable (mg/L)	SSVD Remanente (mg/L)	Ln SSV Degradable Remanente
0	3630	1680	1950	7,6
1	3370	1680	1690	7,4
2	3405	1680	1725	7,5
3	3320	1680	1640	7,4
4	2890	1680	1210	7,1
5	3065	1680	1385	7,2
6	2755	1680	1075	7,0
7	2640	1680	960	6,9
8	2494	1680	814	6,7
9	2445	1680	765	6,6
10	2357	1680	677	6,5
11	2370	1680	690	6,5
12	2190	1680	500	6,2
13	-	-	-	-
14	2103	1680	423	6,0
15	1970	1680	290	5,6
16	1977	1680	297	5,7
17	1950	1680	270	5,6
18	1923	1680	243	5,5
19	1833	1680	153	5,0
20	1824	1680	144	5,0
21	1890	1680	210	5,4
22	1740	1680	60	4,1
23	1677	1680	-	-
24	1710	1680	30	3,4
25	1653	1680	-	-
26	1757	1680	17	4,3
27	697	1680	17	2,8
28	187	1680	7	1,9



GRAFICA N° 3 CALCULO DE LA CONSTANTE DE DESTRUCCION DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES EN EL REACTOR DE CARGA
TERCERA ETAPA - CUARTA FASE

REACTOR DE FLUJO DISCONTINUO

En esta etapa en la que se trabajó con una edad media de lodo de 10 días y luego con 20 días la temperatura se mantuvo sin grandes fluctuaciones; en cuanto al pH, hubo que ajustarlo en ambas fases con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ya que la tendencia de éste fue a bajar.

Edad media de lodo de 10 días:

—Sólidos Suspendidos Totales:

Los resultados arrojaron algunas fluctuaciones, observándose que entre los días 27 al 31, fue la etapa más estable, haciéndose la salvedad de que a partir del día 26 hubo cambio de lodo (ver Gráfica N°4).

—Sólidos Suspendidos Volátiles:

Se presentó una tendencia a la estabilización tre los días 19 al 24, luego de 7 días de comenzada la fase (ver Gráfica N°4). Se registró una concentración promedio de los últimos 6 días de 3608 mg/L, valor que se tomó como la fracción no degradable en el efluente (X_e), utilizándose para el cálculo del porcentaje máximo de remoción, dando como resultado 21,4%.

Edad media de lodo de 20 días:

—Sólidos Suspendidos Totales:

Este parámetro registró pocas fluctuaciones, encontrándose un valor máximo de 5855 mg/l, un mínimo de 5355 mg/l y un promedio de 5683 mg/l.

—Sólidos Suspendidos Volátiles:

En este parámetro se observó que entre el primer valor registrado y el último no hubo casi diferencia (20 mg/l), lo que parece indicar que el lodo casi alcanzó su estabilidad para una edad media de 10 días (ver Gráfica N°5).

Como concentración de los sólidos suspendidos volátiles totales en el efluente (X_e) se tomó el promedio de los valores registrados entre los días 12 al 16, dando como resultado 3523 mg/l, este valor permitió el cálculo del porcentaje máximo de remoción que resultó de 23.2%.

Reactor de Carga (4ta. Fase):

—Temperatura y pH:

La temperatura varió entre 27 y 27,5°C por lo que se puede considerar estable, esto permitió que las constantes cinéticas determinadas en esta fase, estén referidas a la misma temperatura que en el

ler reactor de carga. Durante el período de muestreo que duró 31 días, el pH solo se ajustó los 8 primeros días, observándose bastante estabilidad en el mismo.

—Sólidos Suspendidos Totales:

La concentración de los SST tendió a disminuir durante todo el período de muestreo, lo que era de esperar, puesto que no se estaba agregando lodo fresco (ver Gráfica N°6).

—Sólidos Suspendidos Volátiles:

Como era de esperar, la concentración de este parámetro tendió a disminuir con el tiempo. Para el cálculo de la fracción no degradable, del porcentaje máximo de remoción de esta fase y de la constante de degradación de los sólidos suspendidos volátiles (K_b) se aplicó el mismo procedimiento que para el primer reactor de carga dando como resultado X_n 2200 mg/l (ver Gráfica N°7), 52% de remoción y K_b 0,18 días⁻¹, en la Tabla N°2 se encuentran los cálculos necesarios para la determinación de K_b , los cuales se encuentran dibujados en la Gráfica N°8.

Cálculo de los Sólidos Suspendidos Volátiles Totales en el efluente (X_e) para las diferentes edades medias de lodo:

En esta etapa del trabajo se trató de comprobar si la concentración de los sólidos suspendidos volátiles totales en el efluente calculados para las diferentes edades media de lodo, se correspondían con los valores medidos de éstos en el reactor de flujo intermitente, para ello se utilizó los valores encontrados en el lodo para el segundo reactor de carga, ya que fue el lodo utilizado en estas fases.

Para el cálculo de X_e se utilizó la siguiente expresión dada por Adams en su modelo matemático.

$$X_e = \frac{X_o + t_d X_n K_b}{t_d K_b + 1}$$

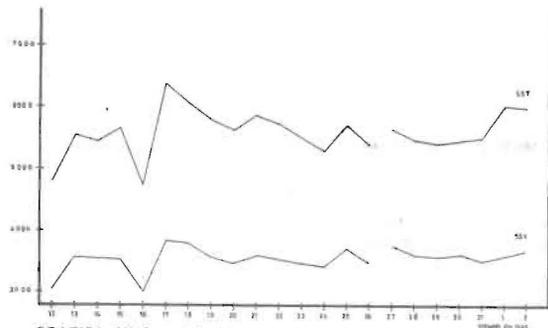
X_e para una edad media de lodo de 10 días:

Partiendo de que lo anterior era cierto, se determinó X_e para una edad media de lodo de 10 días.

Para este lodo $X_o = 4092$ mg/l, $X_n = 2200$ mg/l y $K_b = 0.18$ días⁻¹, entonces, X_e (10 días) resultó 2876 mg por litro, comparando este valor con el X_e real de 3608 mg/l determinado anteriormente, se observan que difieren en un 20.3%.

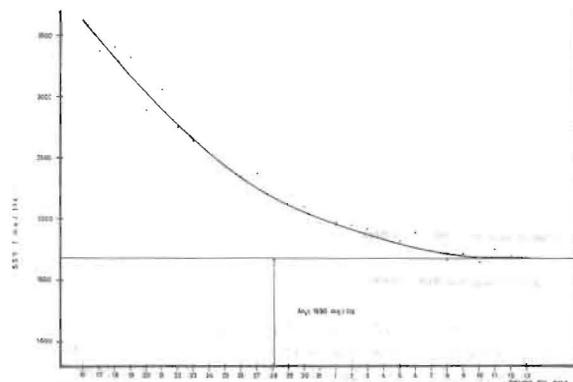
X_e para una edad media de lodo de 20 días:

Haciendo las mismas suposiciones del caso anterior, se determinó X_e (20 días) dando como resultado 2611 mg/l, al comparar este valor con el valor



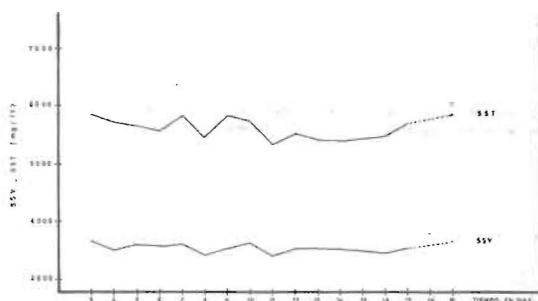
GRAFICA N° 4: VARIACIONES DIARIAS DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLÁTILES EN EL REACTOR
 EDAD MEDIA DE LODO DE 10 DIAS
 TERCERA ETAPA - SEGUNDA FASE PERIODO DEL 12/05/87 AL 02/06/87

NOTA: A PARTIR DEL DIA 28 HUBO CAMBIO DE LODO



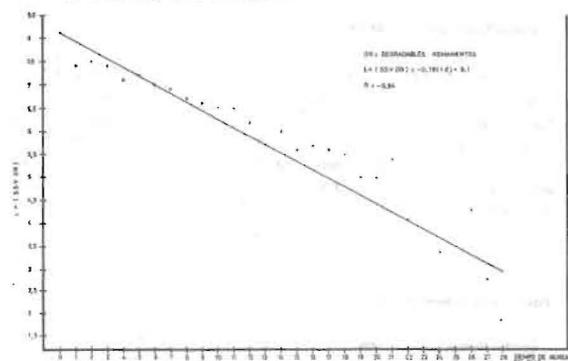
GRAFICA N° 7: CALCULO DE LA FRACION NO BIODEGRADABLE EN EL REACTOR DE CARGA
 SEGUNDA ETAPA PERIODO DEL 11/02/87 AL 13/04/87

NOTA: EL DIA 29 NO SE TOMO MUESTRA



GRAFICA N° 5: VARIACIONES DIARIAS DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLÁTILES EN EL REACTOR
 EDAD MEDIA DE LODO 20 DIAS
 TERCERA ETAPA - TERCERA FASE JUNIO 1987

NOTA: EL DIA 16 SE DESECHO POR SALIRSE DE LA TENDENCIA DE LA GRAFICA

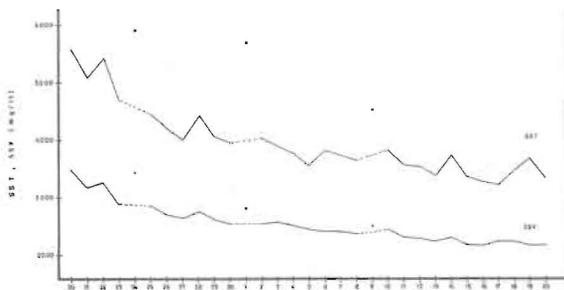


GRAFICA N° 8: CALCULO DE LA CONSTANTE DE DESTRUCCION DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES EN EL REACTOR DE CARGA

TABLA N° 1

CALCULO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES DEGRADABLES REMANENTES USADOS PARA DETERMINAR LA CONSTANT DE DEGRADACION K_d , (3ra. ETAPA)

Tiempo de Aproximación (días)	SSV Remanente (mg/L)	SSV No Degradable (mg/L)	SSV0 Remanente (mg/L)	Ln SSV0/Remanente
0	3439	2200	2200	7,17
1	3180	2200	300	4,89
2	3270	2200	1070	6,39
3	2913	2200	110	6,87
4	3413	2200	1210	7,10
5	2870	2200	670	6,51
6	2710	2200	510	6,23
7	3040	2200	140	4,10
8	2700	2200	500	4,21
9	2650	2200	450	4,13
10	2500	2200	300	3,89
11	2830	2200	630	4,45
12	2500	2200	300	3,89
13	2500	2200	300	3,89
14	2530	2200	330	3,93
15	2440	2200	240	3,58
16	2420	2200	220	3,42
17	3020	2200	820	5,42
18	2300	2200	100	3,22
19	2010	2200	200	3,74
20	1470	2200	770	5,66
21	1330	2200	700	4,91
22	1110	2200	1100	4,74
23	1270	2200	930	4,83
24	2000	2200	200	4,61
25	1310	2200	800	4,20
26	2100	2200	100	-
27	2250	2200	50	3,91
28	2250	2200	50	3,92
29	2150	2200	-	-
30	2100	2200	-	-



GRAFICA N° 6: VARIACIONES DIARIAS DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y VOLÁTILES EN EL REACTOR DE CARGA
 TERCERA ETAPA - CUARTA FASE PERIODO DEL 30/06/87 AL 30/07/87

NOTA: LOS DIAS 23, 1 Y 9 SE DESECHO POR SALIRSE DE LA TENDENCIA DE LA GRAFICA

real de 3523 mg por litro se observa que difiere en 912 mg/l, o sea, 25,9 por ciento.

Las diferencias entre los X_e calculados y los X_e real, en cada fase pueden deberse a error en la determinación de X_e real o a que el modelo matemático utilizado da valores por debajo de lo real.

Comparación de los resultados obtenidos en los reactores de carga:

<u>1er. Reactor de Carga</u>	<u>2do. Reactor de Carga</u>
$X_{o1} = 3630 \text{ mg/l}$	$X_{o2} = 4092 \text{ mg/l}$
$X_{n1} = 1680 \text{ mg/l}$	$X_{n2} = 2200 \text{ mg/l}$
$K_{b1} = 0,18 \text{ días}^{-1}$	$K_{b2} = 18 \text{ días}^{-1}$
$\frac{X_{n1}}{X_{o1}} = 0,46$	$\frac{X_{n2}}{X_{o2}} = 0,54$

De esta comparación se puede concluir de que a pesar de que X_o y X_n difieren con cada lodo, la constante de degradación de los sólidos suspendidos volátiles para dos lodos de la Planta estudiada se mantuvo constante.

Comparando la relación X_n/X_o de ambos reactores se observa que difieren en un 14,8%, lo que parece no afectar la constante de degradación.

CONCLUSIONES

Basados en los análisis de los resultados obtenidos en el digestor de la Planta y del Laboratorio, y evaluando ambos, se llegan a las siguientes conclusiones:

1.- Digestor de la Planta de Maraven:

- El digestor está trabajando bajo un pH muy cercano a 7, lo cual es conveniente.
- Está operando con concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de lo recomendado en su manual de operación, el cual establece mantener el oxígeno disuelto entre 2 y 4 mg/l.
- El valor en la concentración de los sólidos suspendidos totales a la entrada del digestor, es muy baja, lo que parece indicar o un mal funcionamiento del sedimentador o que por la forma de medir la concentración del lodo en el tanque de aereación, ésta no está bien controlada.

2.- Reactores de Carga:

- El pH fue necesario ajustarlo con Ca(OH)_2 para mantenerlo en un rango entre 6,5 y 7,5.

- El porcentaje de remoción fue de 53,7%, basándose en los sólidos suspendidos volátiles.

- La constante de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles degradables (K_b) fue de 0,18 días⁻¹ para una temperatura media de 27,5°C.

- La fracción no degradable determinada fue de 1680 mg/l (X_n).

- En relación X_n/X_e fue de 0,46.

3.- Reactor para una edad media de lodo de 10 días:

- El pH fue necesario ajustarlo con Ca(OH)_2 para mantenerlo en un rango de 6,5 a 7,5.

- La estabilización parece alcanzarse con una concentración de los SSV en el efluente de 3608 mg/l (X_e real).

- El porcentaje máximo de remoción de los SSV fue de 21,4%.

4.- Reactor con una edad media de lodo de 20 días:

- El pH en toda la fase tendió a bajar, siendo necesario ajustarlo con la Ca(OH)_2 .

- El primer valor registrado para sólidos suspendidos volátiles y el último, son prácticamente iguales.

- El valor de los sólidos suspendidos volátiles en el efluente fue de 3523 mg/l.

- El porcentaje de remoción fue de 23,5.

5.- Reactor de Carga:

- De 30 días que duró la fase, solo los 8 primeros fue necesario ajustar el pH con Ca(OH)_2 .

- El valor de la constante de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles (K_b) resultó de 0,18 días⁻¹ para una temperatura media de 27,25°C.

- La fracción no degradable (X_n) resultó de 2200 mg/l.

- El porcentaje máximo de remoción de los SSV resultó de 52%.

- La relación X_n/X_o fue de 0,54.

Conclusiones Generales:

- Para dos lodos de la misma Planta, la constante de degradación de los sólidos suspendidos volátiles resultó igual.

- La relación X_n/X_o varió poco.

- Los valores calculados de los sólidos suspendidos volátiles totales en el efluente difieren en más del 20% de los medidos.

RECOMENDACIONES

1.- Planta de tratamiento de Maraven:

- Aerear continuamente el lodo en el digestor durante el tiempo no laborable del operador de la Planta, y en horas laborales, el tiempo máximo de parada sea de 1 hora.
- Disminuir el tiempo de sedimentación del lodo a 1 hora.
- Sacar al día una cierta cantidad de lodo hacia los lechos de secado, y agregar una cantidad equivalente de lodo fresco; las cantidades exactas deben determinarse experimentalmente en el sitio.
- Hacer mediciones de consumo de oxígeno para determinar el tiempo máximo que puede permanecer el aereador parado sin que ocurran condiciones anóxicas.
- Hacer un chequeo periódico de los dispositivos

que controlan el aereador del digestor.

- Medir los sólidos suspendidos totales y volátiles en el tanque de aereación y en el digestor para conocer sus concentraciones reales y poder controlar el proceso de una manera más metódica.

- Hacer un estudio de la calidad del lodo que se está vaciando a los lechos de secado, para conocer otros parámetros importantes de la estabilización de los lodos.

2.- Reactor de Laboratorio:

- Realizar estudios con lodos de distintas Plantas que permitan comprobar si la constante de destrucción de los sólidos suspendidos volátiles (Kb) se mantiene constante en todas las Plantas y si la relación $\frac{X_t}{X_0}$ varía poco.
- Realizar estudios con distintos lodos de la misma Planta cambiando las concentraciones.
- Determinar otros parámetros como consumo de oxígeno a diario y DBO, DQO al inicio y al final de la digestión.
- Tratar de mejorar la metodología utilizada para la determinación de los sólidos suspendidos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water wastewater. 15th Edition APHA, New York, 1980.
- 2) A Joint Committee of the Water Pollution Control Federation and the American Society of Civil Engineers. Wastewater Treatment Plant design Water Pollution Control Federation, 1977.
- 3) BENEFIELD, LARRY D. and Randall Clifford W. "Biological Process Design for Wastewater treatment" Prentice Hall, INC. Engewood Cliffs, N.J. (1980).
- 4) Meehan and Eddy, INC., Wastewater Engineering Treatment disposal, reuse. Second Edition, McGraw-Hill Co., New York, (1979).
- 5) OROZCO JARAMILLO, ALVARO y SALAZAR ARIAS, ALVARO: "Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales". Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Sanitaria, 1985.
- 6) VESILIND, P.A.: "Treatment and Disposal of Wastewater Sludges". Second Edition. Ann Arbor Science Publisher, INC, Michigan, 1979.
- 7) ANDERSON, B., C., MAVINIC, D.S.: "Aerobic Sludge With pH Control-Preliminary Investigation". Journal WPCF, Volumen 56, Número 7, Julio 1984.
- 8) KUCHENRITHER, RICHARD, D.; BENEFIELD, LARRY, D.: "Mortality patterns of indicator organisms during aerobic digestion". Journal WPCF. Volumen 55, Número 1, Enero, 1983.

Recibido el 25 de febrero de 1988