

Developing a dissolved-air pilot flotation unit. Evaluation of the design parameters

Alberto Trujillo y Lenín Herrera

*Instituto de Investigaciones Petroleras, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia
Apartado 98. Maracaibo, Venezuela.*

Abstract

The purpose of this study was to develop, install and evaluate the performance of a pilot plant using dissolved-air flotation to treat domestic sewage for the removal of suspended solids, oil and grease. After satisfactory laboratory testing, the unit was installed for testing in the Pilot System of Oxidation Ponds run by "Universidad del Zulia", Maracaibo, Venezuela, with feedwater being domestic wastewater pumped from the station at the ponds. Results showed that affluent characteristics were in the following ranges: pH: 7.8-8.4; T: 33-34°C; COD: 252-562 mg/L; oil and grease: 40-121 mg/L. The solids loading-rate values ranged from 1.25 to 3.60 Kg/m²h, the hydraulic loading rate ranged from 404.4 to 542.6 m³/m²d. The air/solids ratios studied ranged from 0.03 to 0.45, with 0.06 being the value associated with the highest removal percentages. High removal efficiency rates were obtained: 42% for TSS; 40% for COD and 42% for oil and grease. The value of air/solids, pressure and recycle ratios associated with the highest removal efficiency in this study were 0.06, 40 psi and 50 percent.

Key words: Pilot plant, flotation, air, grease, wastewater.

Desarrollo de una unidad piloto de flotación con aire disuelto. Evaluación de los parámetros de diseño

Resumen

El objetivo del trabajo fue desarrollar, probar e instalar una unidad de flotación con aire disuelto y evaluar su efectividad para reducir el contenido de aceites, grasas y sólidos suspendidos presentes en aguas residuales domésticas. Luego de comprobado su funcionamiento a nivel de laboratorio, la unidad fue instalada en el sistema de lagunas piloto de estabilización de LUZ, alimentándola con aguas residuales domésticas. Los resultados indican que: a) La unidad funciona satisfactoriamente, alcanzándose condiciones de estado estacionario. b) Los parámetros analizados a la entrada se mantuvieron entre los siguientes intervalos: Temperatura: 33-34°C; pH: 7,8-8,4; SST: 94-225 mg/L; DQO: 252-562 mg/L; aceites y grasas: 40-121 mg/L. c) La carga de sólidos aplicada estuvo entre 1,25 y 3,60 kg/m²h. d) La carga hidráulica estuvo entre 404,4 y 542,6 m³/m²d. e) La relación aire/sólidos fue de 0,03 a 0,45, siendo 0,06 el valor asociado a los mayores porcentajes de remoción obtenidos. f) Se alcanzaron elevados niveles de remoción: 42% en los SST; 40% en el DQO y 42% para los aceites y grasas. La mayor eficiencia se alcanzó a las condiciones operativas de 40 psi y 50% del reciclo presurizado.

Palabras claves: Unidad piloto, flotación, aire, aceites, agua residual.

Introducción

Uno de los problemas importantes que debemos enfrentar durante el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales es la reducción o eliminación de los sólidos suspendidos, aceites y grasas. Esto debido a las restricciones normativas o a los requerimientos de los procesos biológicos que son afectados por la presencia de altas concentraciones de estos componentes [1,2]. Entre los procesos de separación de sólidos, aceites y grasas, disponemos el de flotación con aire disuelto, con aire disperso, coalescencia en fibras, procesos de membranas, ultrafiltración y filtración [3]. De estos procesos, el de flotación con aire disuelto ha mostrado una elevada eficiencia y consiste en la separación de partículas mediante la inyección de burbujas diminutas de aire en el efluente a tratar [4]. Este proceso ha sido estudiado ampliamente. Con el fin de conocer a una escala que permita proyectar el funcionamiento a nivel industrial, muchos investigadores han realizado estudios piloto que han servido para determinar la factibilidad y eficiencia de este proceso [5,6,7, 8,9,10]. Así mismo, se han desarrollado metodologías para evaluar los requerimientos de coagulación, tipo y dosis de agentes coagulantes, aspectos que son importantes en el momento de decidir los esquemas de tratamiento de las aguas residuales que contienen elevados contenidos de partículas, aceites y grasas estabilizados. Bratby J.R. y colaboradores [7], han realizado estudios a nivel de laboratorio y piloto, sobre los procesos que participan en la flotación con aire disuelto en la búsqueda de información para optimizar este tipo de procesos y para determinar detalles de carácter operacional, de funcionamiento y de diseño que permitan modelar mejor el proceso y establecer criterios de diseño más ajustados a la realidad. En este trabajo se diseñó y construyó una unidad piloto, prevaleciendo el criterio económico en la selección de equipos, materiales y accesorios, con flexibilidad de operación y previendo facilidad para la evaluación de coagulantes. Después de instalada la unidad a nivel de laboratorio, se probó con efluentes petroleros, lácteos y finalmente domésticos.

La evaluación del funcionamiento de la unidad en forma continua se realizó utilizando el agua residual doméstica que alimenta al Sis-

tema de Lagunas de Oxidación ubicado en la Universidad del Zulia (LUZ), agua residual proveniente del colector "C" del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), que sirve a la zona norte de Maracaibo con un flujo de 200 L/s y que dentro de sus características resaltantes contiene altas concentraciones de aceites y grasas. La unidad fue instalada y se verificaron las variables operacionales (carga hidráulica, relación aire/sólidos, relación de reciclo, presión de operación).

Parte Experimental

1. Diseño y Construcción de la Unidad.

El diseño se efectuó con varias adaptaciones con el fin de utilizar equipos y materiales fabricados en el país; de fácil adquisición y bajo costo, así como la instalación de un sistema instrumental que permitió la automatización del funcionamiento de la unidad. El diagrama esquemático de la unidad se muestra en la Figura 1, al igual que el detalle constructivo de la Cámara de Presurización en la Figura 2.

2. Descripción de la Unidad Piloto de Flotación con Aire Disuelto

De acuerdo al esquema mostrado en la Figura 1, la unidad consiste en una cámara de flotación, (a) constituida por dos cilindros concéntricos de PVC, de 2,00 m de altura, con un diámetro interno de 28,5 cm, lo que equivale a un área de flotación de 0,06 m² y un diámetro externo de 31,5 cm, con un área efectiva de clarificación de 0,018 m². La cámara de presurización (b) consiste en un cilindro de acero de 87,5 cm de altura y 21,0 cm de diámetro, provisto en su interior de un empaque de anillos de PVC colocados al azar para aumentar el tiempo de contacto entre el agua residual y el aire. En su parte superior se encuentran acoplados dispositivos para el control de la presión. El aire comprimido es suministrado por un compresor (c) en el mismo sentido de la alimentación. El nivel de agua dentro de la cámara de flotación es controlado por un sistema de electrodos acoplados a un visor de vidrio, enviando señales eléctricas a un dispositivo que activa o desactiva la

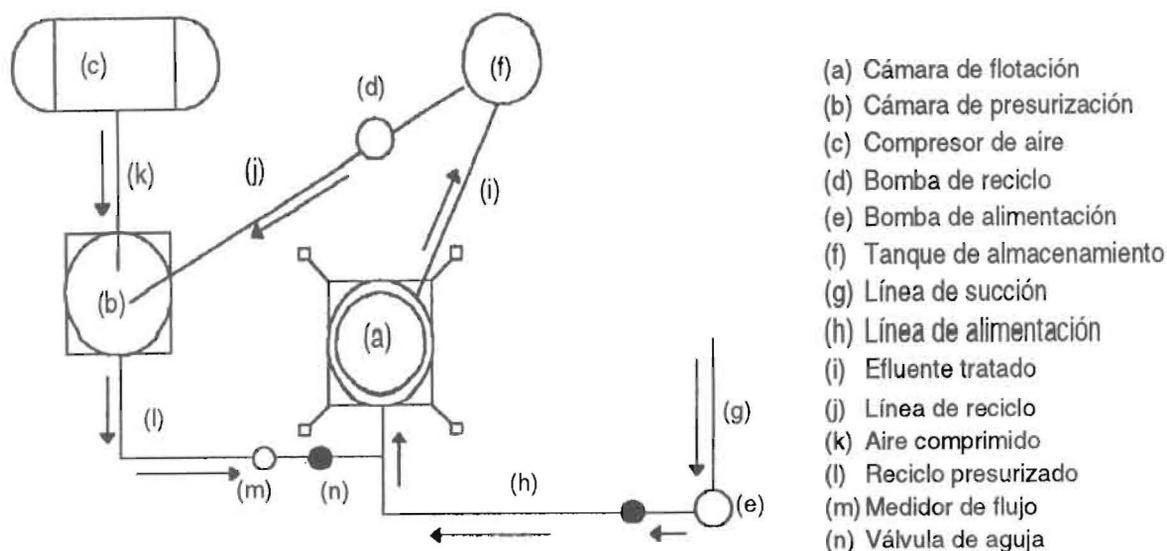


Figura 1. Diagrama esquemático de la unidad semipiloto de flotación con aire disuelto.

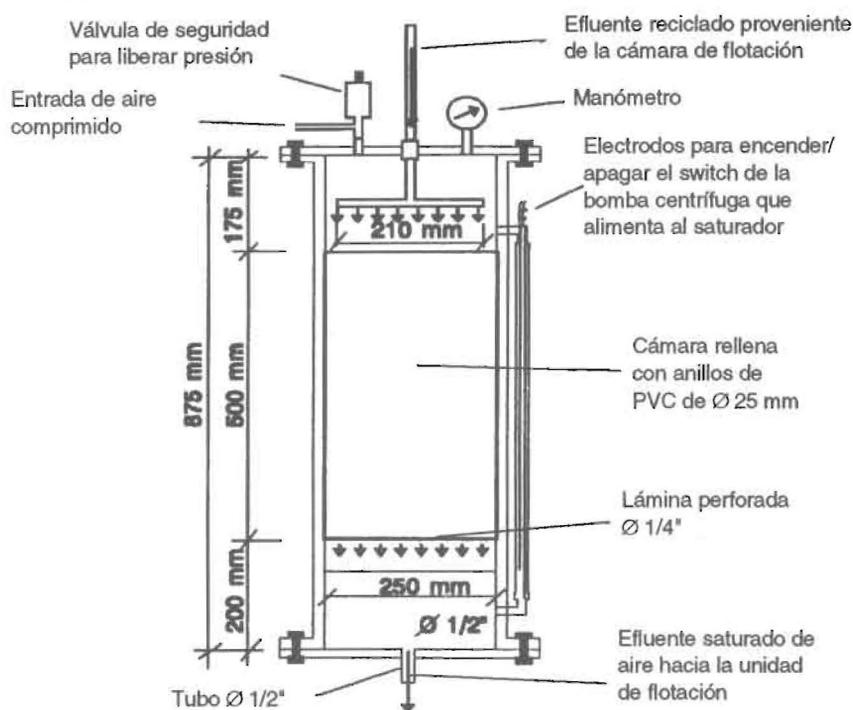


Figura 2. Detalle constructivo de la cámara de presurización.

bomba de reciclo (d). El exceso de presión suministrado por esta bomba es controlado por una válvula de alivio que se encuentra en la parte superior del cilindro. El agua residual es introducida a la cámara de flotación mediante bom-

beo (e), siendo suministrado en forma paralela el reciclo presurizado, el cual al ser liberado a presión atmosférica mediante una válvula de aguja, entra en la cámara de flotación liberando pequeñas burbujas de aire produciendo la ac-

ción de ascenso del material en suspensión. El resto de los materiales de la unidad lo constituyen, accesorios como: válvulas "check", medidor de flujo, presostato, tuberías de PVC y galvanizada. Establecidas las condiciones iniciales de operación (caudal de alimentación y de reciclo, presión de operación), la unidad funciona semi-automatizada. El agua residual entra a la cámara de flotación impulsada por bombeo, mientras que en paralelo a ésta se le inyecta dentro de la cámara una cantidad de agua potable previamente presurizada para iniciar el proceso. El efluente clarificado es descargado en un tanque de almacenamiento (f) de donde se extrae por bombeo el reciclo, que será presurizado en la cámara de presurización, para luego ser inyectado nuevamente a la cámara de flotación. El sistema se deja funcionando por espacio de 15 minutos para lograr su estabilización. El reciclo presurizado es constante, debido a que el cilindro de presurización posee un sistema de sensores para el nivel máximo y mínimo del agua, automatizando el encendido y apagado de la bomba de reciclo. La presión en el cilindro, de igual forma es constante y mantenida mediante una válvula de alivio. Finalmente el lodo flotado es retirado por la parte superior de la cámara de flotación mediante un dispositivo colocado para tal fin.

Para lograr los fines del trabajo fueron fijadas las siguientes condiciones operativas:

Se realizaron un total de nueve pruebas, manteniendo presiones de trabajo para cada

prueba de 40; 50 y 60 psi y fijando para cada presión porcentajes de reciclo de 30; 40 y 50%. Dichas presiones fueron aplicadas debido a que proporcionan suficiente saturación del aire en el agua residual, obteniéndose concentraciones de saturación entre 53,9 y 80,29 mg/L. De igual forma, se aplicaron los porcentajes de reciclo señalados, ya que estos son los valores normalmente utilizados para estos ensayos [5]. El caudal de alimentación aplicado fue de 700 y 900 L/h, valor típico para las dimensiones de las unidades [5]. Luego de transcurridos aproximadamente 15 minutos de la puesta en funcionamiento de la unidad para lograr la estabilización del sistema, se fijó un tiempo de prueba de una hora, suficiente para lograr condiciones de estado estacionario.

3. Caracterización del Agua Residual

Se procedió a efectuar una caracterización del agua residual a la entrada y salida de la unidad, evaluando los siguientes parámetros: pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, Demanda Química de Oxígeno, aceites y grasas, de acuerdo a los métodos estándar [11], con el fin de establecer la calidad del agua a tratar y la eficiencia de remoción del sistema.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se indican los valores promedios diarios obtenidos de la caracterización del agua residual que alimenta a la Unidad Piloto.

Tabla 1
Valores promedios diarios obtenidos de la caracterización del agua residual que alimenta a la unidad piloto

Dia	Parámetros				
	T°C	pH	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	AyG (mg/L)
1	34	8,4	538	229	94
2	34	8,3	468	214	96
3	34	8,4	418	199	92
4	34	8,4	432	248	124
5	34	8,4	382	183	74
6	34	8,1	381	145	92
7	34	7,9	365	171	86
8	34	7,9	263	104	45
9	34	7,9	349	110	64

Tabla 2
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (40 psi),
Caudal (796 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 239 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 25 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO (mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	229	-	562	-	106	-
Salida	164	28	393	30	82	23
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 318 L/h pH= 8,3 Tcontacto = 27 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO(mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	232	-	530	-	90	-
Salida	140	40	360	32	65	28
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 398 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 30 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO(mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	225	-	522	-	87	-
Salida	130	42	340	35	57	34

Tabla 3
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (50 psi),
Caudal (778 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 233 L/h pH= 8,2 Tcontacto = 45 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO(mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	215	-	473	-	103	-
Salida	153	29	310	34	65	37
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 311 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 50 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO(mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	217	-	480	-	97	-
Salida	140	35	302	37	59	39
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 389 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 58 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc. (%)	DQO(mg/L)	Remoc. (%)	AyG (mg/L)	Remoc. (%)
Entrada	210	-	450	-	88	-
Salida	135	36	297	34	56	36

mientras que las Tablas 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 y 10, registran las variaciones de cada uno de los parámetros evaluados antes y después de ser sometida a tratamiento el agua residual, indicándose también los porcentajes de remoción obtenidos.

Los valores en DQO no presentaron variación significativa durante los tres ensayos que

se realizaron por prueba, pero sí presentan cierta variación al efectuar la siguiente prueba, debido a que cada prueba fue realizada en días diferentes y su composición no era la misma. El intervalo de valores del DQO de entrada fue de 252-562 mg/L. Similares variaciones experimentaron los valores de los sólidos suspendidos totales (SST) y los aceites y grasas (AyG) regis-

Tabla 4

Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (60 psi), Caudal (810 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 243 L/h pH= 8,3 Tcontacto = 1 min; 40 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	198	-	395	-	79	-
Salida	160	19	320	19	65	18
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 324 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 1 min; 46 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	190	-	410	-	90	-
Salida	155	18	340	17	75	17
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 405 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 1 min; 52 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	210	-	450	-	107	-
Salida	175	17	363	19	86	20

Tabla 5

Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (40 psi), Caudal (846 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 254 L/h pH= 8,3 Tcontacto = 22 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	240	-	430	-	135	-
Salida	180	25	315	27	103	24
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 338 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 24 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	250	-	425	-	115	-
Salida	160	36	300	29	85	26
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 423 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 28 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	255	-	440	-	121	-
Salida	150	41	292	34	79	35

trándose valores de 94-225 mg/L y 40-121 mg/L respectivamente.

La temperatura presentó muy poca variación durante el desarrollo de los ensayos, registrándose un valor promedio de 34°C. El pH registró cierta variación durante las pruebas, observándose un valor mínimo de 7,8 y un valor

máximo de 8,4, pero manteniéndose casi constante durante cada ensayo.

Los resultados indican que la eficiencia de remoción varía de acuerdo al incremento de la presión. Durante las pruebas donde se mantuvo la mínima presión de 40 psi, combinando con las relaciones de reciclo de 30:40 y 50%, se obtuvieron los mejores porcentajes de remoción de los

Tabla 6
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (50 psi),
Caudal (904 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 271 L/h pH= 8,3 Tcontacto = 42 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	200	-	397	-	77	-
Salida	140	30	280	29	52	32
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 362 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 53 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	190	-	370	-	73	-
Salida	130	32	254	31	50	32
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 452 L/h pH= 8,4 Tcontacto = 1 min						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	160	-	380	-	71	-
Salida	110	31	250	34	47	34

Tabla 7
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (60 psi),
Caudal (890 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 267 L/h pH= 8,0 Tcontacto = 1 min; 55 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	130	-	365	-	81	-
Salida	110	15	315	14	67	17
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 356 L/h pH= 8,2 Tcontacto = 2 min; 1 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	145	-	380	-	90	-
Salida	125	14	330	13	76	16
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 445 L/h pH= 8,3 Tcontacto = 2 min; 6 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	160	-	400	-	106	-
Salida	145	9	356	11	92	13

parámetros evaluados. Para presiones de 50 psi, la eficiencia de remoción tendía a aumentar pero no en forma significativa, mientras que al aumentar la presión a 60 psi, se observó una disminución considerable de la eficiencia de remoción. Los porcentajes máximos de remoción en los parámetros analizados fueron de 42% en los SST, 40% en la DQO y 43% en los aceites y

grasas, obtenidos para una presión mínima de 40 psi y un porcentaje de reciclo presurizado aplicado del 50%. Esto se debió a que al aumentar la presión por encima de los 40 psi en la cámara de presurización, aumentaba el nivel de saturación del aire en el agua residual, incrementando la producción de burbujas al ser liberada la presión y que al ser inyectada a la cámara

Tabla 8
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (40. psi),
Caudal (821 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 246 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 24 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	165	-	370	-	90	-
Salida	120	27	250	32	60	33
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 328 L/h pH= 7,8 Tcontacto = 27 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	172	-	367	-	87	-
Salida	110	36	225	39	55	37
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 411 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 31 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	175	-	359	-	80	-
Salida	101	42	215	40	46	43

Tabla 9
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (50 psi),
Caudal (800 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 240 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 43 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	114	-	271	-	50	-
Salida	77	32	175	35	33	34
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 320 L/h pH= 7,8 Tcontacto = 50 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	105	-	267	-	44	-
Salida	70	33	170	36	30	32
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 400 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 57 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	94	-	252	-	40	-
Salida	65	31	166	34	28	30

de flotación le transmitía un efecto de turbulencia al agua. Esto generaba la ruptura de los aglomerados presentes en dicha cámara. Sin embargo, se obtuvieron elevados niveles de remoción de los sólidos suspendidos totales (42%), comparados con los obtenidos en un sedimentador primario, los cuales están en el orden del 30%. De igual forma, se logró una considerable remoción del DQO y los aceites y grasas.

Los valores de la relación A/S obtenidos fueron de 0,03-0,07 para 40 psi; 0,09-0,32 para 50 psi; 0,09-0,32 para 50 psi y 0,06-0,07 para 60 psi. Correspondiendo el mayor porcentaje de remoción de sólidos (42%), al intervalo de 0,06-0,07 de la relación aire/sólidos.

La carga de sólidos estuvo en el intervalo de 1,25-3,60 kg/m²h, mientras que la carga

Tabla 10
Resultados de ensayos de flotación, manteniendo constante la presión (60 psi),
Caudal (850 L/h) y variando las relaciones de reciclo (30, 40 y 50%)

Ensayo N°1						
Condiciones Iniciales: R= 30 % = 255 L/h pH= 8,0 Tcontacto = 1 min; 30 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	102	-	348	-	46	-
Salida	75	26	265	24	34	26
Ensayo N°2						
Condiciones Iniciales: R= 40 % = 340 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 1 min; 43 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	110	-	340	-	67	-
Salida	88	20	275	19	52	22
Ensayo N°3						
Condiciones Iniciales: R= 50 % = 425 L/h pH= 7,9 Tcontacto = 1 min; 52 seg						
Muestra	SST (mg/L)	Remoc.(%)	DQO(mg/L)	Remoc.(%)	AyG (mg/L)	Remoc.(%)
Entrada	117	-	359	-	80	-
Salida	99	15	315	12	65	19

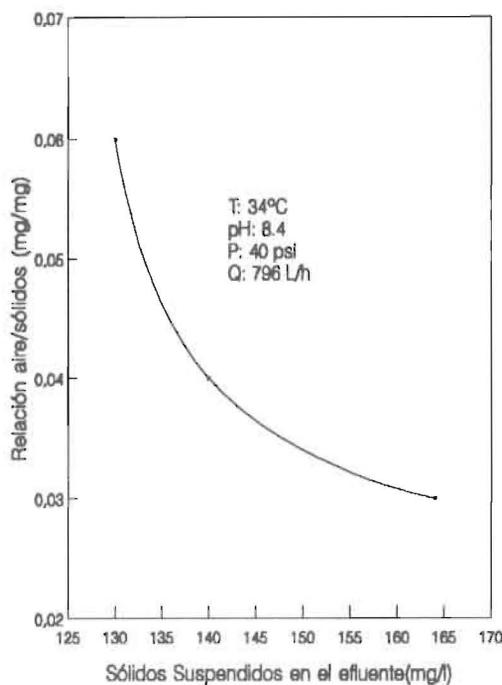


Figura 3.

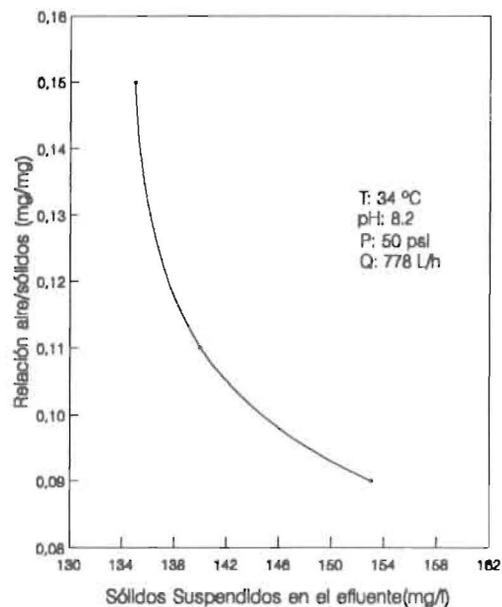


Figura 4.

hidráulica entre 404,4-542,6 m³/m²d. Estos valores experimentaron variación debido a la concentración de los SST y a aumento del caudal en la alimentación. El valor de la carga hidráulica correspondiente a la relación A/S óptima fue de 477,8 m³/m²d. En las Figuras 3;4;5;6;7; 8;9;10

y 11, se indican los valores de los SST vs A/S para cada ensayo. La Figura 3 ilustra el efecto de la relación aire/sólidos sobre los sólidos suspendidos del efluente, observándose que el valor mínimo aplicado de A/S fue de 0,03 y el valor óptimo fue de 0,06, esto para una presión cons-

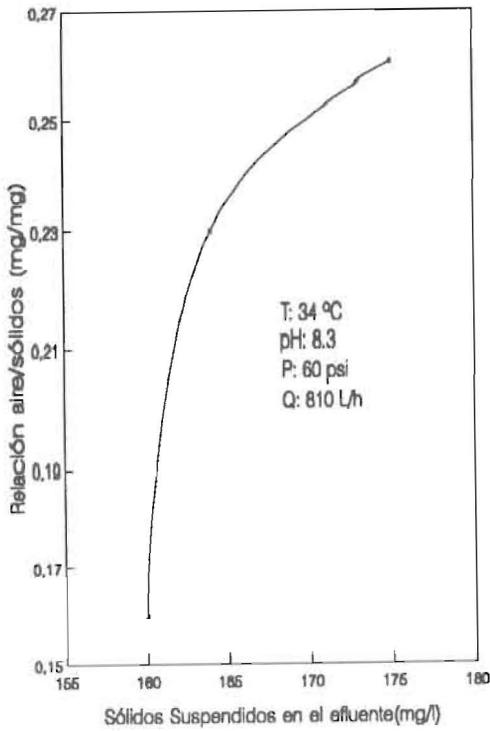


Figura 5.

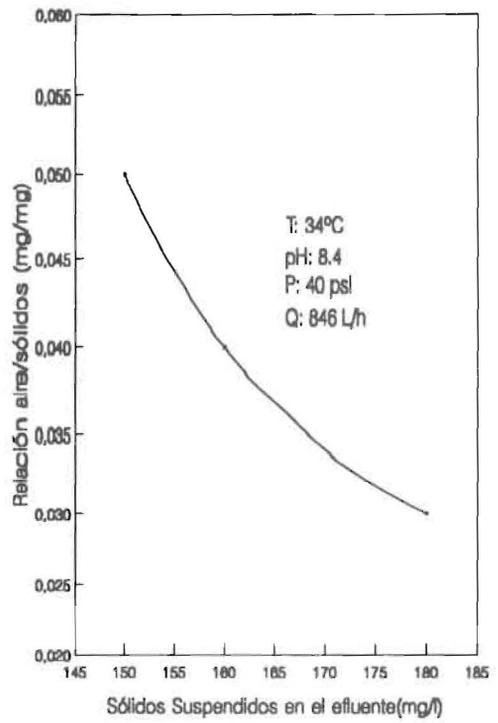


Figura 6.

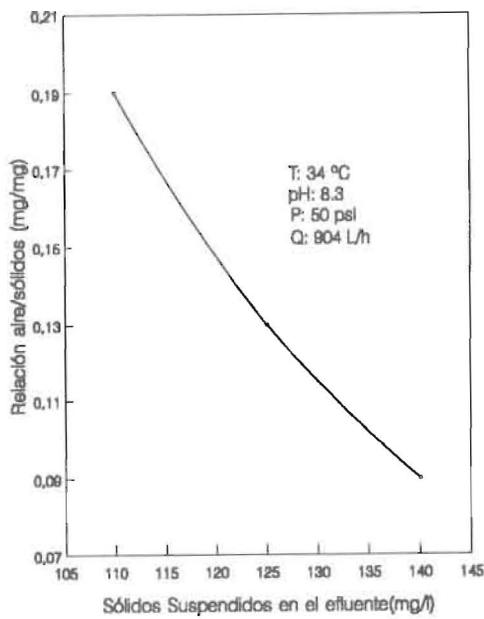


Figura 7.

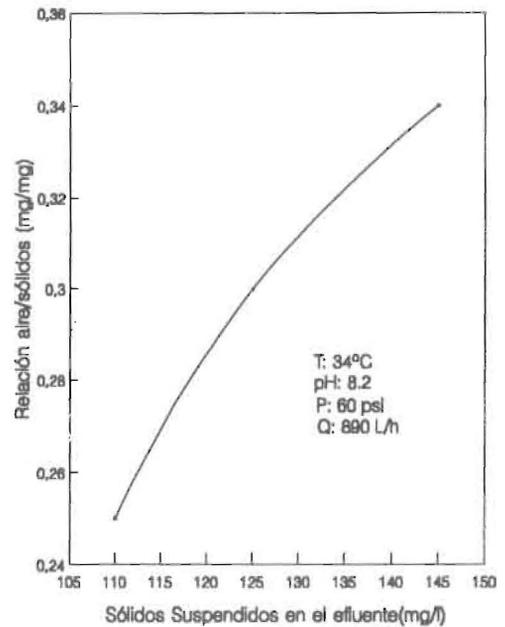


Figura 8.

tante de 40 psi y caudal de alimentación de 796 L/h. Las Figuras 4;6;7;9 y 10 presentan una tendencia similar, pero teniendo muy levemente a linealizar con el aumento de la presión a 50 psi. Para los valores de la relación A/S aplicados de 0,15-0,45 no se observó una remoción apreciable de sólidos. En las Figuras 5;8 y 11 puede

observarse la total desestabilización del sistema para relaciones de A/S por encima de 0,15 producto de la dificultad de atrapar los sólidos como consecuencia del aumento del nivel de energía producido por el incremento de presión. Al ser aplicada una mayor relación A/S, la concentración de sólidos presentes en la salida era mayor.

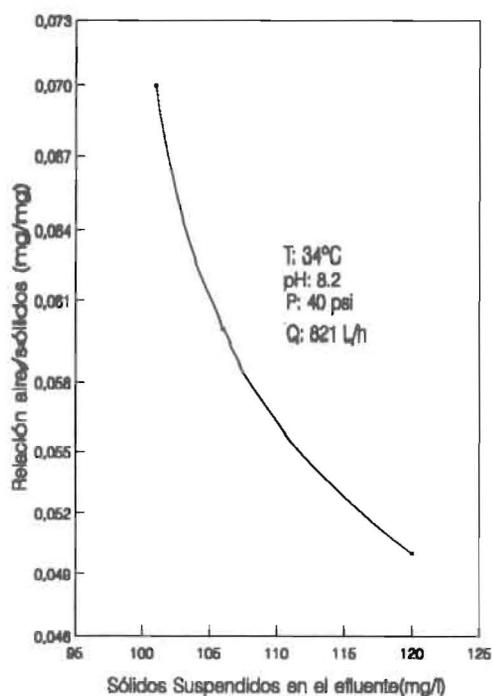


Figura 9.

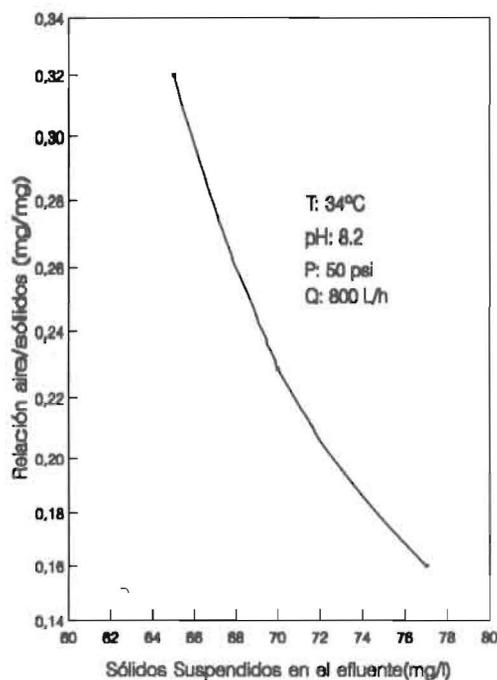


Figura 10.

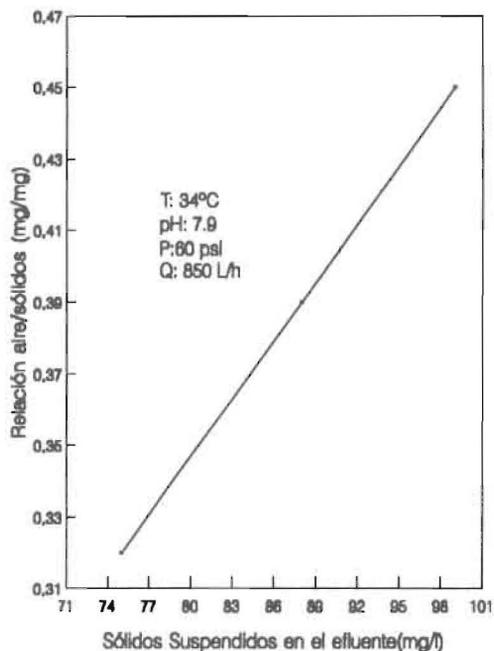


Figura 11.

Conclusiones

1.- La Unidad Piloto de flotación con aire disuelto es eficaz para el tratamiento de aguas residuales domésticas, obteniéndose remociones del DQO y de los SST en el orden del 42%, y del contenido de aceites y grasas en un 43%.

2.- Debido a la gran flexibilidad operativa de la Unidad Piloto diseñada, ésta puede ser utilizada para realizar estudios de tratabilidad de efluentes con alto contenido de sólidos y aceites y grasas.

3.- Se requieren valores bajos de A/S para lograr una adecuada remoción con estos sistemas a fin de lograr una buena distribución del tamaño de las burbujas de aire que hacen contacto con los sólidos presentes en el agua residual.

4.- La relación aire/sólidos con mayor eficiencia fue de 0,06, trabajando a 40 psi, con una relación del reciclo presurizado del 50%.

5.- Cuando la tasa de carga hidráulica excede los 518,4 m³/m²d la turbulencia creada en el cilindro de flotación impide la estabilización del material flotante, disminuyendo la eficiencia del equipo.

Reconocimiento

Este trabajo de investigación fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES).

Referencias Bibliográficas

1. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 1992, Artículo II, Decreto 2.222.
2. Rivas Mijares, G.: Tratamiento de Aguas Residuales. 2da Edición. España 1978.
3. Gómez, Alejandro C.: Métodos para el Diseño de Sistemas de Separación de Petróleo y Agua en el Tratamiento de Efluentes Petroquímicos. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Civil. Departamento de Ingeniería Sanitaria. Maracaibo. 1986.
4. Metcalf & Eddy.: Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. 1era Edición. Labor, S.A., Barcelona. 1977.
5. Bratby, John R.: "Treatment of raw wastewater overflows by dissolved-air flotation". Journal WPCF, Volume 54, Number 12, December 1982.
6. Bébin, J., and Jacquart, J. C.: "Pilot studies on the utilization of flotation and accelerated clarification units for the direct physico-chemical treatment of domestic wastewaters". Prog. Water Technol., 10,205, 1978.
7. Bratby, J., and Marais, G.: "Dissolved-air (Pressure) Flotation-An Evaluation of Inter-Relationships Between Process Variables and their Optimization for Design". Water SA, 1, 57, 1975.
8. Ho, C.C., and Tan, Y. K.: "Comparison of chemical flocculation and dissolved air flotation of anaerobically treated palm oil mill effluent". Journal IAWPR & Control, Volume 23, Number 4, April 1989.
9. Malley Jr, James P., and Edzwald, James K.: "Laboratory Comparison of DAF With Conventional Treatment". Journal AWWA, Volume 83, Number 9, September 1991.
10. Edzwald, James K., Walsh, John P., Kaminski, Gary S., and Dunn, Howard J.: "Flocculation and Air Requirements for Dissolved Air Flotation". Journal AWWA, Volume 84, Number 3, March 1992.
11. APHA-AWWA-WPCF.: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. Washington, DC. 1989.

Recibido el 12 de Abril de 1994

En forma revisada el 28 de Noviembre de 1994