

# Evaluación de una planta anaerobia UASB con agua residual doméstica de un sector residencial de Barranquilla\*

Ayda Luz Moya Moreno\*\*

---

## Resumen

*El objetivo de este proyecto es evaluar la eficiencia u operación del reactor UASB que está tratando las aguas residuales de un sector residencial de la ciudad de Barranquilla denominado Villa Santos. Esta evaluación se está llevando a cabo mediante la toma de muestra y la realización de análisis físico-químicos periódicos siguiendo las técnicas del Standars Methods.*

*Son dos tipos de reactores UASB, cada uno con un caudal de 10 LPS y un tiempo de retención de 6 horas.*

### Descriptores

Digestión anaerobia

Aguas residuales domésticas

Reactor anaerobio

Materia orgánica

---

## Introducción

La digestión anaerobia es un proceso biológico en la que la materia orgánica es convertida en metano y dióxido de carbono en ausencia de oxígeno.

La tecnología de la digestión anaerobia constituye un proceso que permite esperar simultáneamente numerosos resultados, los cuales no son característicos de otros métodos de tratamiento:

- Degradación de las materias orgánicas contaminantes
- Economía de la energía para el tratamiento de purificación
- Valorización en las moléculas simples y solubles

Las materias orgánicas insolubles son atacadas por microorganismos llamados «fermentativos», los cuales producen la licuefacción de las moléculas orgánicas complejas y sus transformaciones en moléculas simples y solubles. Paralelamente, las materias orgánicas solubles son transformadas por las mismas comunidades de microorganismos en ácidos orgánicos (ácidos grasos, volátiles, ácidos activos, ácido fórmico, etc.). Esta primera etapa del proceso de depuración es la acidificación.

---

\* Conferencia presentada en la Universidad de los Andes en el I Congreso Colombiano de Digestión Anaerobia.

\*\* Ingeniera Sanitaria. Especialista en Ingeniería Sanitaria, Asesora y Consultora. Actualmente profesora de las cátedras de Ingeniería Ambiental y Práctica de tratamiento de agua.

En la segunda etapa de este proceso interviene otro grupo de bacterias que transforman los productos de la acidificación en gas metano (principalmente) y en gas carbónico.

Estos dos grupos de bacterias (acidogénicas y metanogénicas) colaboran estrechamente. Una característica fundamental de este sistema es la baja velocidad de crecimiento de las bacterias metanogénicas (etapa limitante). Debido a ello se requiere de largos períodos de adaptación, y al mismo tiempo se limita la capacidad de respuesta del mismo frente a cambios de cargas contaminantes, temperatura y otras condiciones de operación.

Valdría la pena señalar que una valoración de las implicaciones de la digestión anaeróbica como sistema alternativo de producción de energía o mecanismo de control de la contaminación dependerá de las condiciones locales y de la política energética del país.

Antes de la década de los años 70, el tratamiento de las aguas residuales se llevaba a cabo por acción del uso de los pozos sépticos, los filtros anaeróbicos y procesos de contactos anaeróbicos. Sin embargo, en las dos últimas décadas surgió una nueva tecnología, la digestión anaerobia (DA), que se ha venido desarrollando con buenas perspectivas y promete disminuir los costos en el tratamiento de las aguas residuales (AR).

Entre los logros más modernos en este campo se encuentran los filtros anaerobios de Young y McCarty (1967), los reactores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) de Lettinga *et al.* (1974) y los reactores AFFEB (*Anaerobic Fixed Film Expanded*) de Switzembaum y Lewell (1978).

Estos reactores anaerobios estaban inicialmente dirigidos a tratar aguas residuales industriales (ARI) que normalmente tienen altas concentraciones de DQO (demanda química de oxígeno) y altas temperaturas, lo cual favorece altamente la digestión anaeróbica. Sin embargo, gran parte del interés se volcó rápidamente al tratamiento de las aguas residuales domésticas (ARD).

El reactor UASB consiste en un tanque al que se le introduce afluente por debajo uniformemente distribuido y en la parte superior existe un sistema separador de gas. Cuando el agua entra al reactor pasa por un manto de lodo biológico que transforma la materia orgánica (MO) en biogás. El gas producido es recogido entre las zanjas a través de la pantalla.

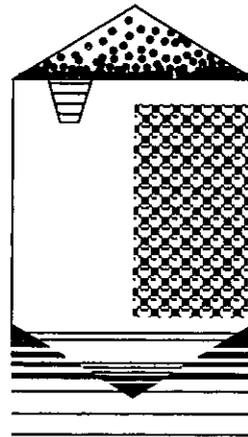


Fig.1

Reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodo - UASB

## 1. Objetivo

El objetivo de este trabajo, llevado a cabo por la Universidad del Norte, es exponer los resultados obtenidos en el campo del control de las aguas residuales domésticas.

## 2. Antecedentes

Ante la posibilidad de verter las aguas residuales de la urbanización Villa Santos en el alcantarillado de la ciudad, se construyó una planta de tratamiento, con un digestor tipo UASB. Debido a que las aguas residuales deben ser conducidas hacia la ciénaga de Mallorquín, fue necesario la implementación de esta planta de tratamiento con el fin de garantizar en forma eficiente la transformación de la materia orgánica y poder así mitigar el impacto ambiental generado en dicha ciénaga por los residuos líquidos.

## 3. Características de la población

La urbanización Villa Santos —situada al noroocidente de Barranquilla— está formada por viviendas de tipo uni y multifamiliares clase media-alta y alta con una densidad de población aproximada de 6 habitantes por vivienda. En la actualidad está construida la primera etapa de la urbanización y se adelanta la construcción de la segunda, de las tres que se tienen planeadas. Se tiene con ello un promedio de 480 viviendas construidas para un total de 2.880 habitantes, de los 13.932 que esperan albergar una vez concluidas las dos etapas restantes.

## 4. Especificaciones técnicas del diseño

Para encontrar y evaluar los parámetros del comportamiento del sistema UASB en la ciudad de Barranquilla, se aprovechó la puesta en marcha del sistema —formado por dos reactores, de propiedad de la urbanización Villa Santos— para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de dicha urbanización.

Las características técnicas que pre-

senta el sistema son:

- Sistema de tratamiento: UASB
- Desecho que se va a tratar: Aguas residuales domésticas de la urbanización Villa Santos.
- Localización: Al norte de la ciudad.
- Número de reactores: 2
- Caudal medio del diseño: 10 LPS (36 m<sup>3</sup>/h.)
- Caudal máximo horario de diseño: 20 LPS (72 m<sup>3</sup>/h.)
- Tiempo de retención hidráulica (TRH): 6 h.
- Carga orgánica supuesta: DB05 = 236 mg/L DQO = 323 mg/L
- Temperatura promedio: 30 °C
- Lámina de agua: 4.30 m
- Volumen del reactor: 116.10 m<sup>3</sup>
- Área superficial del reactor: 27 m<sup>2</sup>
- Largo del reactor: 6 m
- Ancho del reactor: 4.50 m
- Puntos de alimentación: 12 / Reactor

**Fuente:** Báez, Jorge. *Diseño reactor anaeróbico urbanización Villa Santos.*

## 5. Características físico-químicas de las aguas residuales

Parámetros analizados	Método utilizado
pH (H <sup>+</sup> )	Potenciométrico
DQO (MG/L)	Dicromato de potasio
DBO5 (MG/L)	Dilución
Alcalinidad total (MG/L CaCO <sub>3</sub> )	Volumétrico
Sólidos totales (MG/L)	Gravimétrico
Acidos grasos volátiles (MG/L)	Volumétrico

De acuerdo con las normas AWWA y las guías del *Standars methods*.

Tabla 1. 23 de septiembre de 1993			
Parámetros	Reactor norte	Reactor sur	Deflector*
Alcalinidad Total (MG/L)	156.4	151.8	126.5
DQO (MG/L)	56.4	37.6	112.8
DBO5 (MG/L)	40.0	20.0	62.5

\* Deflector: agua residual post-desarenada

Tabla 2. 28 de septiembre de 1993			
Alcalinidad Total (MG/L)	—	—	—
Acidos grasos Volátiles (Mg H Ac/Meq)	6.03	5.17	6.89
Sólidos Totales (Mg/L)	416	332	496

Tabla 3. 4 de octubre de 1993			
Alcalinidad Total (MG/L)	156.4	149.5	121.9
DQO (MG/L)	112.8	37.6	188.0

Tabla 4	
Parámetros analizados	Reactor sur
pH (H+)	6.80
DQO (MG/L)	92.70
Alcalinidad total (MG/L)	206.76
Acidos grasos volátiles (MG H Ac/Meq)	47.80
Sólidos suspendidos (MG/L)	50.00

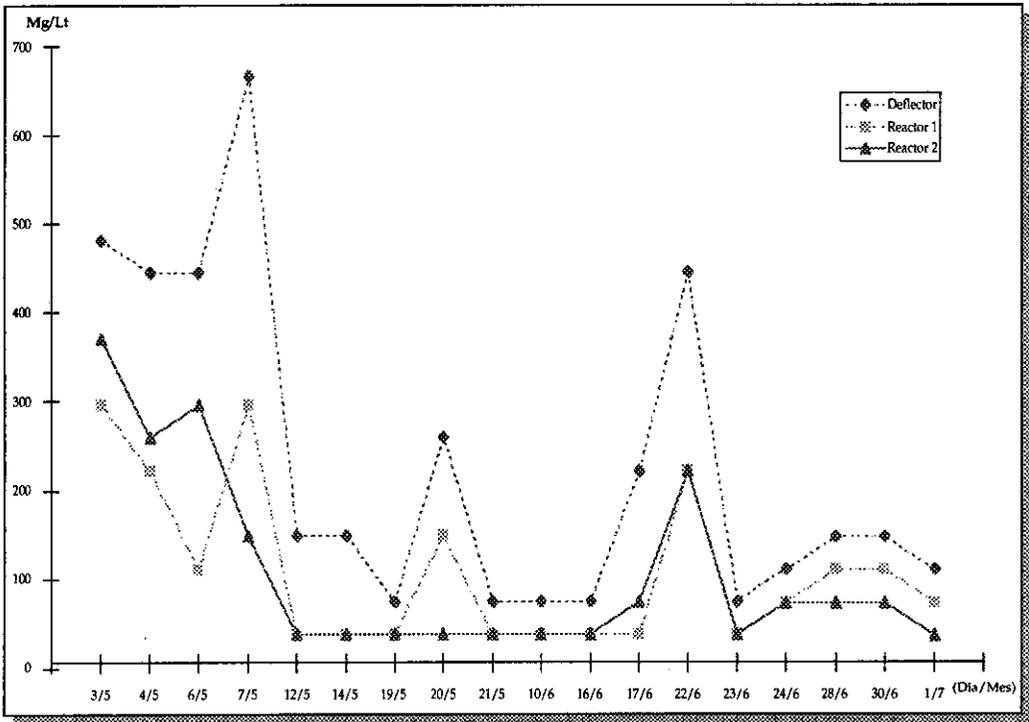
#### 6. Características promedias de las aguas residuales domésticas suministradas al reactor UASB. Unidad residencial Villa Santos

Parámetros	Concertación
DQO (MG/L)	176
Alcalinidad total (MG/L)	224
Acidos grasos volátiles (MG F Ac/Meq)	59.4
pH	7.0
Sólidos suspendidos (MG/L)	101.5

#### 7. Gráficas

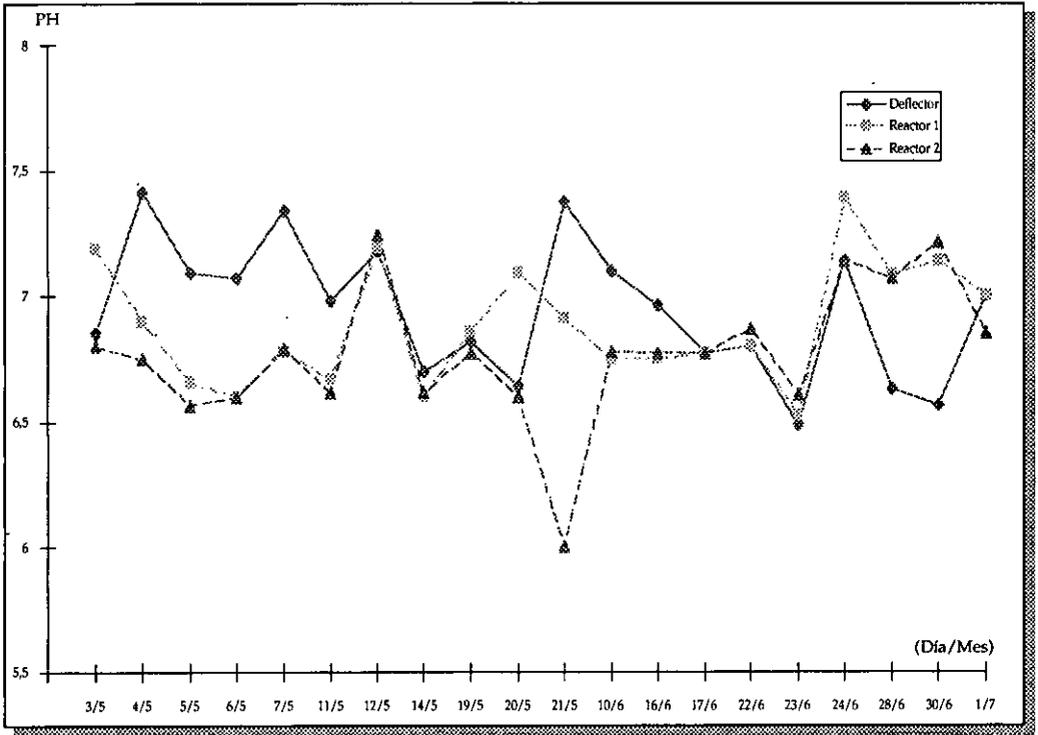
Las gráficas de potencial de hidrógeno, ácidos grasos volátiles (AGV), alcalinidad total, DQO y sólidos suspendidos se muestran a continuación, durante un período de 30 días (ver gráficas).

## DQO (Mg/Lt)



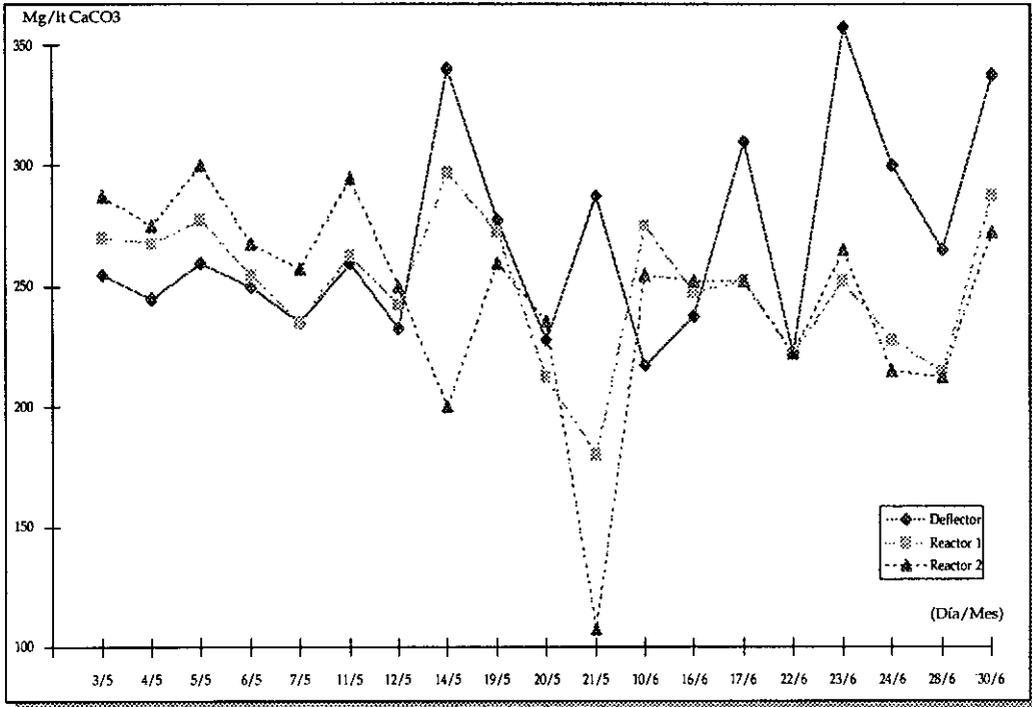
Deflector	481,3	444,3	444,3	666,4	148,1	148,1	74	259,2	74	74	74	222,1	444,2	74,05	109,9	146,5	146,5	109,9
Reactor 1	296,2	222,1	111,1	296,2	37	37	37	148,1	37	37	37	37	222,1	37,02	73,2	109,9	109,9	73,2
Reactor 2	370,2	259,2	296,2	148,1	37	37	37	37	37	37	37	74	222,1	37,02	73,2	73,2	73,2	36,6
% REM. 1	61,5	50	25	44,4	25	25	50	57,1	50	50	50	16,6	50	50	66,6	75	75	66,60
% REM. 2	76,9	58,3	66,7	22,2	25	25	50	14,8	50	50	50	33,3	50	50	66,6	50	50	33,3

## POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)



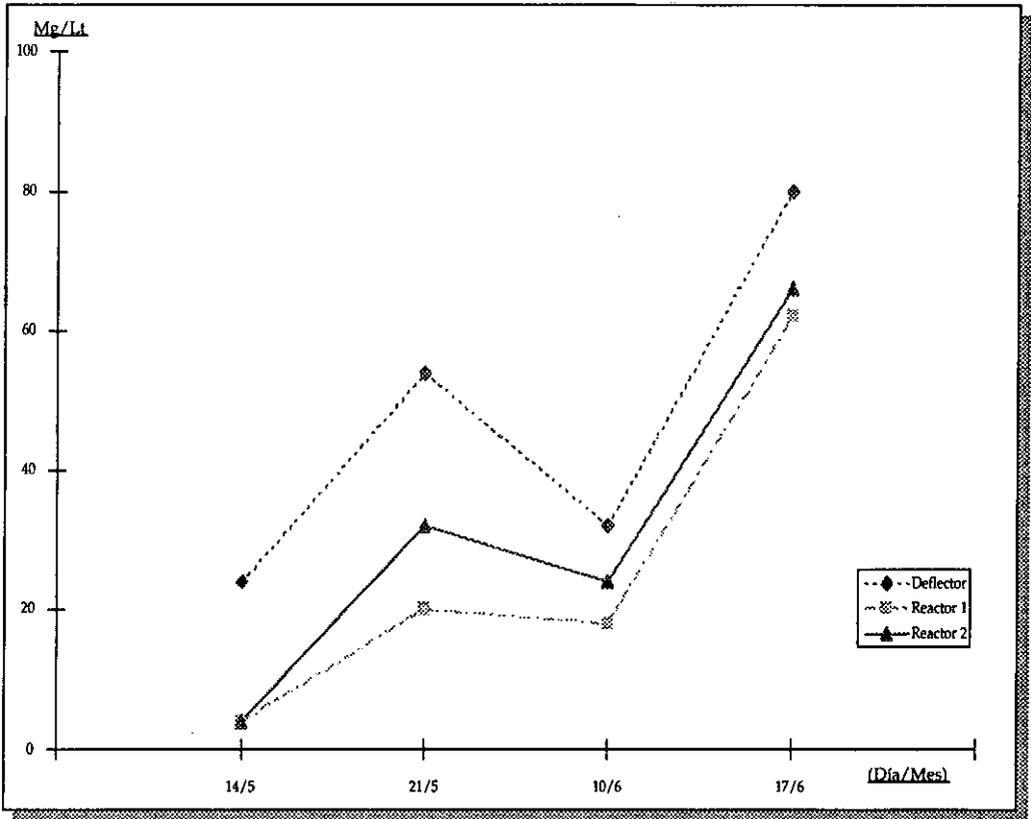
Deflector	6,85	7,41	7,09	7,07	7,34	6,98	7,18	6,70	6,82	6,64	7,37	7,10	6,96	6,77	6,80	6,49	7,14	6,63	6,57	7,00
Reactor 1	7,19	6,90	6,66	6,60	6,78	6,67	7,19	6,60	6,86	7,09	6,91	6,75	6,75	6,77	6,80	6,53	7,39	7,08	7,14	7,00
Reactor 2	6,80	6,75	6,57	6,60	6,79	6,62	7,24	6,62	6,77	6,60	6,00	6,78	6,77	6,77	6,87	6,61	7,14	7,07	7,21	6,85

## ALCALINIDAD TOTAL (Mg/Lt CaCO<sub>3</sub>)



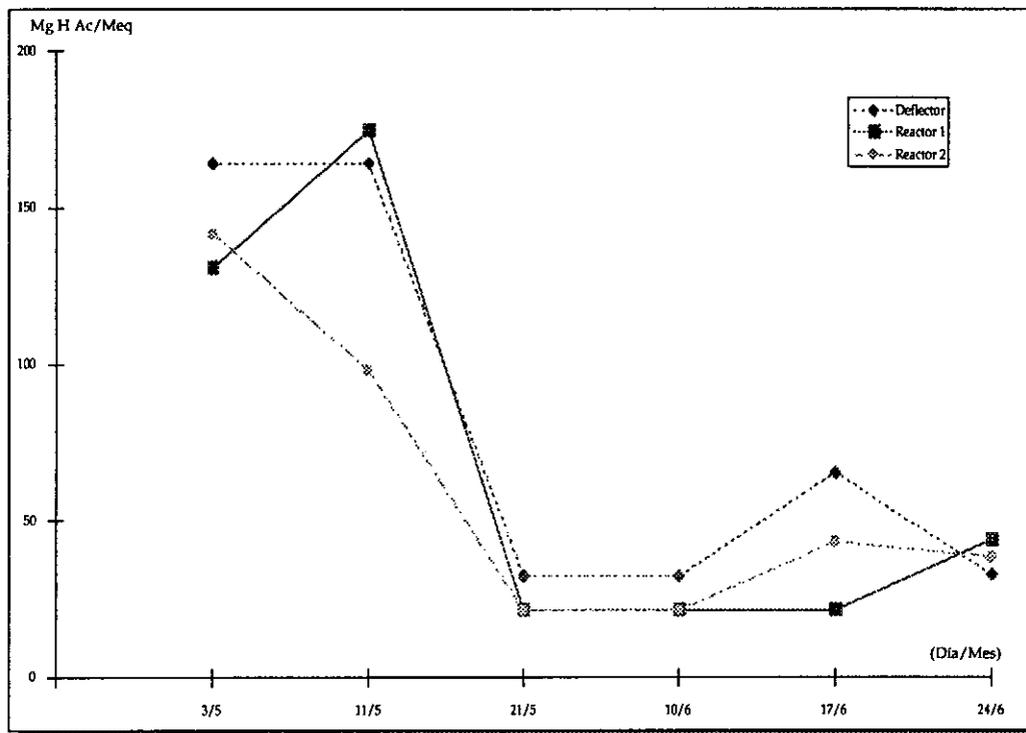
Deflector	255	245	260	250	235	260	232,5	340	277,5	227,5	287,5	217,5	237,5	310	222,5	357,5	300	265	337,5
Reactor 1	270	267,5	277,5	255	235	262,5	242,5	297,5	272,5	212,5	180	275	247,5	252,5	222,5	252,5	227,5	215	287,5
Reactor 2	287,5	275	300	267,5	257,5	295	250	200	260	236	107,5	255	252,5	252,5	222,5	265	215	212,5	272,5

## SOLIDOS SUSPENDIDOS (SS) Mg/Lt



<b>Deflector</b>	24	54	32	80
<b>Reactor 1</b>	4	20	18	62
<b>Reactor 2</b>	4	32	24	66

## ACIDOS GRASOS VOLATILES (AGV) Mg H Ac/Meq



<b>Deflector</b>	163,8	163,8	32,4	32,4	65,4	32,73
<b>Reactor 1</b>	130,8	174,6	21,6	21,6	21,6	43,64
<b>Reactor 2</b>	141,6	98,4	21,6	21,6	43,2	38,19

## 8. Análisis de resultados

Parámetros	Remociones (%)
Alcalinidad total (mg/L)	80
Demanda química de oxígeno (mg/L)	20
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	61
Sólidos totales (mg/L)	50
Acidos grasos volátiles (mg H / Meq)	61

Estos resultados se obtuvieron durante el período del 24 de mayo al 26 de octubre.

Comparando los porcentajes de remoción de los sólidos, la DBO5 y la DQO obtenidos en un estudio a las aguas de Uninorte en 1988 se obtuvieron los siguientes resultados:

## 9. Conclusiones

De los resultados obtenidos se pudo establecer que los dos reactores están en operación anaerobia a las temperaturas promedias de la ciudad de Barranquilla. El reactor realmente ha empezado su etapa de acomodamiento.

Resultados de ensayos bacteriológicos. 7 de abril de 1994		
	Muestra	N.M.P.
Coliformes Totales	1	110.000
	2	110.000
	3	110.000
Coliformes Fecales	1	16.000
	2	5.300
	3	2.000

La remoción de la materia orgánica como DQO (MG/L) es del 20% y del 80% como DBO5 (MG/L)

La remoción de sólidos suspendidos fue del 50%, lo que indica que la operación está realizándose normalmente.

Los resultados nos indican que el reactor UASB es adecuado para el control de las aguas residuales domésticas como tratamiento secundario.

1. CURE Faisal y SARMIEWNTO Gray. "Evaluación de la tecnología del tratamiento mediante un reactor UASB por agua residuales doméstico en la ciudad de Barranquilla" (estrato 6). Monografía de grado para obtener título en la Universidad del Norte, enero 25 de 1994, Barranquilla.

2. MOYA A.L. *Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales en América Latina* (Memorias) México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990, p. 73.

El inóculo utilizado, BIO-BACTA, aceleró el proceso de degradación orgánica aumentando el porcentaje de remoción de DBO5 en un 25%, se redujeron los malos olores y se aumentó el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos.

## Referencias

1. CURE, Faisal, SARMIENTO, Gray. *Evaluación de la Tecnología de Tratamiento por medio de un digestor tipo UASB para las Aguas Residuales Domésticas de Barranquilla* (estrato 6). Monografía de grado. Enero 25/94. Barranquilla.
2. MOYA, A.L. *Tratamiento anaeróbico de Aguas Residuales. Tipos de Reactores en Procesos Continuos*. UASB. SIDA. Volumen IV, Nov-Dic. pp. 29-32. Barranquilla, 1988.
3. McCARTY, P.L. *One hundred years of Anaerobic treatment*. Elsevier Biomedical Anaerobic digestion, pp. 5-18, sept. 1981.
4. STANDARDS METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. American Public Health Association, and Pollution Control federation, Washington, D.C., 1985.
5. LETTINGA, G. *et al. Anaerobic Treatment*. Prof. Anaerobic Treatment workshop. Delft. IHE: June, 1993.
6. McCARTY, P.L. *Anaerobic Treatment of Souble wastes*. Stanford University, 1986.
7. SPEECE, R.P. *Anaerobic Tecnhnology for Industrial Wastewater Treatment*. Environ. Science technology, vol. 17, N° 9, 1983.
8. LETTINGA, G. *Biotechnology and Bioengineering*. Vol. XXII (1) pág. 71, 1980.
9. GUYOT, Jean-Pierre. *Seminario de Microbiología y Bioquímica de Tratamiento anaerobio*. Universidad de Antioquia, Medellín, 1988.