

EXITOSA APLICACION DE LA TECNOLOGIA UASB, A ESCALA REAL, PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

C.J. Collazos y J.M. Cala

CDMB, Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Calle 34 No. 17-20 Piso 2, Fax (57) (76) 428611 y (57) (76) 484961, Teléfonos (57) (76) 339608 y (57) (76) 386310, Bucaramanga, Colombia.

RESUMEN

El seguimiento de los reactores tipo UASB de la PTAR "Río Frío" (32.000 m³/d) demuestra que esta sencilla, eficiente y económica tecnología es una excelente alternativa para el tratamiento de las aguas residuales domésticas municipales en países tropicales. Los resultados obtenidos corroboran y complementan experiencias similares realizadas, a menor escala, en Colombia y en otros países.

El arranque de los UASB se logró, sin inóculo, a los seis (6) meses de funcionamiento. Este período se redujo luego a 75 días iniciando con un manto de lodos de 0.80 m. Y con una altura de lodos de 1.30 m el re-arranque resultó inmediato.

Una vez estabilizados los reactores se obtiene una eficiencia del 58% en remoción de DQO, 73% en remoción de DBO y 66% en remoción de SST, con un TRH de 5,2 horas. La producción de biogás alcanza los 60 lt/m³ de agua tratada (165 lt/kg DQO aplicada) y la producción de lodos es del 3% con respecto a los SST afluentes. Con una laguna facultativa como postratamiento (TRH de 30 horas) se obtiene un efluente final de 20 g/m³ de DBO.

La construcción de los UASB representa una inversión de US\$ 185/m³ de reactor (aproximadamente US\$ 8/habitante equivalente). La operación, mantenimiento y seguimiento de la planta cuesta US\$ 0.70/hab/año, sin incluir el servicio de la deuda. El costo del agua tratada es de US\$ 0.01/m³ aproximadamente.

INTRODUCCION

La Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, con la asesoría del Gobierno de los Países Bajos, diseñó, construyó y puso en marcha en 1990 la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo UASB más grande del mundo, con capacidad inicial para 160.000 habitantes equivalentes.

Estudios de tratabilidad, adelantados en planta piloto (PTAR "La Rosita") entre 1983 y 1986, mostraron la conveniencia de utilizar reactores anaerobios tipo UASB como tratamiento primario y lagunas facultativas como tratamiento secundario^[1]. Hoy en día los resultados experimentales han sido replicados en la PTAR "Río Frío" demostrando la aplicabilidad de la tecnología a escala municipal.

Soluciones de esta naturaleza, desarrolladas e impulsadas por grandes visionarios como el Profesor Gatze Lettinga y sus colaboradores^[2], constituyen la mejor opción para iniciar la recuperación de las corrientes hídricas en los países en desarrollo.

Como una contribución a esa causa, el presente documento describe los reactores tipo UASB de la PTAR "Río Frío", la manera como se llevó a cabo la puesta en marcha y el seguimiento, los principales resultados obtenidos, algunos problemas observados y los costos de inversión, operación y mantenimiento.

DESCRIPCION DE LOS REACTORES UASB

La PTAR "Río Frío" es un conjunto de operaciones y procesos unitarios relativamente sencillos^[3] (Tabla 1). Ocupa una extensión de 14 hectáreas en un pequeño valle agrícola distante unos tres (3) kilómetros del perímetro urbano. Funciona totalmente por gravedad y se construyó con recursos e ingeniería locales. Etapas de ampliación previstas a partir de 1993 permitirán duplicar la capacidad de tratamiento hacia el año 2003.

Tabla 1 Operaciones y procesos unitarios PTAR "Río Frío"

TRATAMIENTO	ESTRUCTURA
Preliminar	Cribado-Desarenación
Primario	Reactores UASB
Secundario	Laguna Facultativa
Lodos	Lechos de secado
Biogás	Quemador

Los Tanques^[4] UASB de la PTAR "Río Frío" (Figura 1), son estructuras en concreto reforzado de 3360 m³ cada una. Las campanas y elementos internos del separador GSL son de concreto prefabricado. Los pozos de repartición son de fibra de vidrio y los vertederos de recolección del efluente son de acrílico virgen. El sistema de alimentación remata en mangueras de polietileno de 2" de diámetro. Los extremos de las campanas tienen escotillas para la extracción de los flotantes. El sistema de biogás posee una chimenea que hace las veces de quemador, mientras se define otro tipo de aplicación.

Para el seguimiento y control del proceso se implementó un esquema de monitoreo basado en la medición de caudal, DQO, DBO y SST, entre otros parámetros. La frecuencia de muestreo se estableció en 3 veces por semana^{[5][6]}.

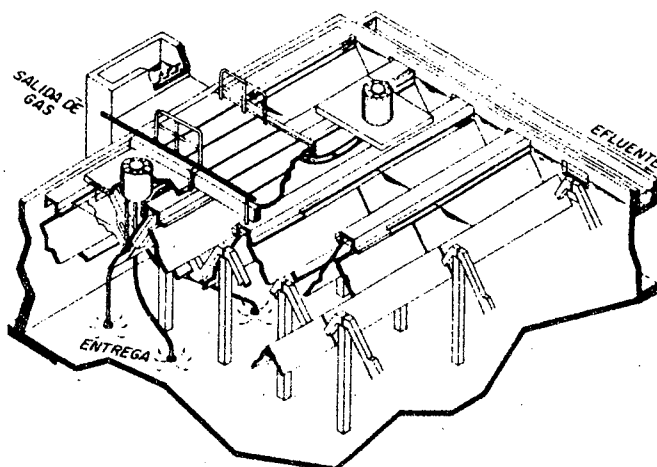


Figura 1 Corte esquemático de un tanque UASB de la PTAR "Río Frío"

El desecho crudo es predominantemente doméstico y de baja concentración (Tabla 2). La PTAR funciona las 24 horas del día, los 7 días de la semana, con tres (3) turnos de operación (2 operarios/turno).

RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 2 Características del desecho Arranque y Estabilización

REFERENCIA	UNIDAD	VALOR
Temperatura	[°C]	24
Caudal	[m ³ /d]	32000
	[l/hab/d]	200
DQO _{total}	[g/m ³]	380
DQO _{Filt.}	[g/m ³]	161
DBO _{total}	[g/m ³]	143
DBO _{Filt.}	[g/m ³]	46
SST	[g/m ³]	235
SSV	[g/m ³]	185

En Noviembre de 1990 se puso en funcionamiento el reactor UASB No. 2, a capacidad plena y sin inóculo. Dos meses después el No. 1 en condiciones similares. Teniendo en cuenta la naturaleza del desecho, y contrariamente a lo que se esperaba, el primer arranque no resultó fácil. Se pretendía alcanzar la estabilidad del sistema en un término de 3 meses. Esta se logró finalmente luego de 6 meses de operación con incrementos graduales de carga.

Se observó también que las ocho (8) primeras semanas de operación sirven para generar un "banco de lodos primarios". Pero, si al cabo de ese tiempo no se reduce la carga hidráulica su "lavado" resulta inevitable tal como sucedió con el UASB No. 2 en Febrero de 1991 (Figura 2).

Por otra parte, dos re-arranques con inóculo se efectuaron en 1992 (Febrero y Septiembre) después de haber realizado adecuaciones en los reactores No. 1 y No. 2 respectivamente. El re-arranque de Febrero tardó 75 días, iniciando con mantos de lodo de 80 cm en el UASB No. 1 y de 1.0 m en el UASB No. 2, y aplicando incrementos graduales de carga.

Los resultados obtenidos en el re-arranque de Septiembre indican que este proceso es casi inmediato si se dispone de un manto de lodos superior a 1.30 m de altura.

Eficiencias

Al final, los resultados obtenidos (Tabla 3) reflejan una alta eficiencia en el proceso de tratamiento. Es interesante observar que la calidad del efluente de los reactores no depende mucho de la concentración del afluente.

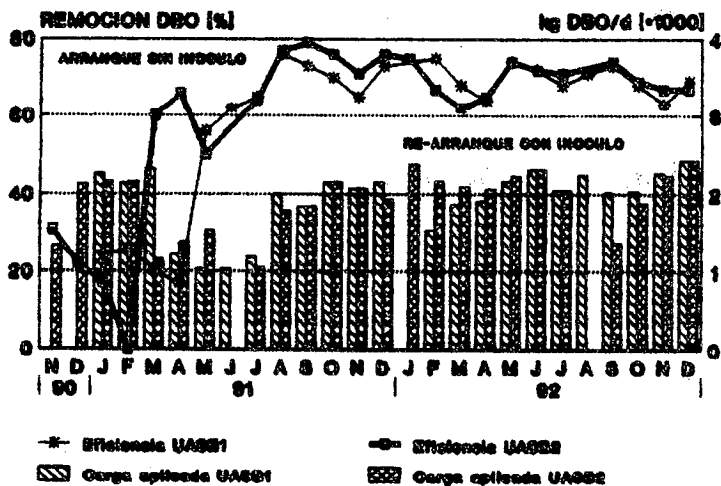


Figura 2 Estabilización de los reactores UASB

Tabla 3 Resultados operación PTAR "Río Frío"

REFERENCIA	UNIDAD	UASB	LAGUNA	TOTAL
Caudal	[m ³ /d]	16000	32000	32000
TRH	[horas]	5	30	35
Calidad del Efluente				
DQO _{total}	[g/m ³]	160	100	100
DQO _{filt.}	[g/m ³]	93	82	82
DBO _{total}	[g/m ³]	38	19	19
DBO _{filt.}	[g/m ³]	16	13	13
SST	[g/m ³]	80	22	22
SSV	[g/m ³]	62	18	18
Eficiencias				
Remoción DQO _{tot}	[%]	58	38	74
Remoción DBO _{tot}	[%]	73	50	88
Remoción SST	[%]	66	73	91

Así mismo, conviene resaltar el importante papel que desempeña la laguna facultativa como complemento del sistema UASB. El efluente final de 19 g/m³ de DBO cumple satisfactoriamente el objetivo de calidad establecido, para este caso particular, en 30 g/m³, como máximo en el sitio de descarga al cuerpo receptor (Figura 3).

Lodos

La producción de lodo húmedo es de 0.3 litros/m³ de agua tratada. Un período de secado de 7 días es suficiente para reducir la humedad al 60% lo que permite la fácil manipulación del subproducto.

Biogás

Con relación a la producción de biogás, las fugas detectadas en las juntas de algunos elementos prefabricados dificultaron en un comienzo su cuantificación y, en cierta forma, el control del proceso de arranque. Cada reactor, debidamente hermetizado, produce 60 litros de biogás por m³ de agua tratada (165 litros por kg de DQO aplicada), con la siguiente composición: 65% de CH₄; 8.5% de CO₂; 0.5% de H₂S y 26% de N₂ (y H₂O).

COSTOS

La PTAR "Río Frío" representa una baja inversión. En Colombia no existe tarifa para el servicio de tratamiento de aguas residuales, por ello la CDMB subsidia actualmente los costos del mismo con los recursos que se obtienen del servicio de alcantarillado.

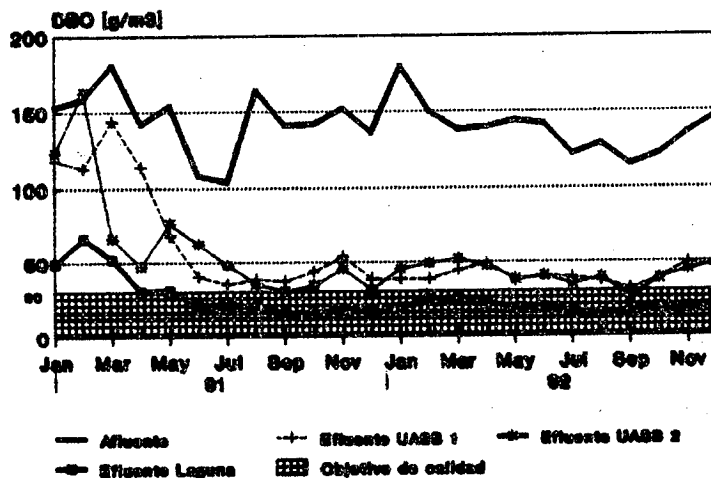


Figura 3 Calidad de efluentes PTAR "Río Frío"

En la Tabla 4 se presentan los principales costos de inversión, operación y mantenimiento. Los valores presentados no incluyen el servicio de la deuda.

CONCLUSION

La PTAR "Río Frío" demuestra que la tecnología UASB es una solución sencilla, eficiente y económica para el tratamiento de las aguas residuales municipales.

Por ello merece ser considerada por los países en desarrollo como una alternativa técnica, viable, que puede contribuir a la recuperación de los recursos hídricos.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el sistema UASB requiere y exige una adecuada selección de procesos preliminares y complementarios para garantizar su óptima aplicación. Así mismo, es importante considerar que la localización de las instalaciones y la eficiencia de las medidas que se implementen para mitigar los olores desagradables constituyen factores decisivos para el éxito de este tipo de proyectos.

Además, se deben proveer suficientes recursos humanos y técnicos para que la labor de operación y mantenimiento del sistema no se descuide en lo más mínimo. Situación que podría ocasionar otra serie de efectos indeseables que contribuyen a desprestigiar inmerecidamente la tecnología.

RECONOCIMIENTO

Este proyecto de la CDMB ha contado con el apoyo irrestricto de los Gobiernos de Colombia y Holanda. Se agradece el aporte técnico de DHV Consultants, la colaboración del personal de la CDMB y muy especialmente el respaldo brindado al programa por el Director Ejecutivo, Dr. Joaquín Beltrán Becerra. Así mismo, se quiere destacar la vinculación de COLCIENCIAS a la tarea de seguimiento y difusión de esta experiencia.

REFERENCIAS

1. Jakma F.F.G.M., Collazos C.J. and Schellinkhout, A. (1987) Anaerobic System for Sewage Treatment in (Sub)tropical Countries Succesful, H₂O(20) 1, pl, Holanda.

Tabla 4 Costos de la PTAR "Río Frío" I Etapa (160.000 habitantes)

REFERENCIA	VALOR
Construcción	US \$ 2.131.000.00
* Trat. Preliminar	(11%)
* Trat. Primario (2 UASB)	(58%)
* Trat. Secundario (1 Laguna)	(21%)
* Otros	(10%)
* Costo/habitante	US \$ 14
Operación & Mant./año	US \$ 105.000.00
* Costo/hab/año	US \$ 0.70
* Costo/m3 tratado	US \$ 0.01

2. Shellinkhout, A., Lettinga, G. Velsen, A.F.M. Van, Louwe Kooijmans, J. and Rodríguez, G. (1985). The application of the UASB-Reactor for the Direct Treatment of Domestic Waste Water Under Tropical Conditions. In: Proceedings of the Seminar/Workshop on Anaerobic Treatment of sewage, M.S. Switzembaum (Ed)., University of Massachusetts, Amherst, Ma, Usa.
3. Jakma, F.F.G.M. and Gerritzen, P.W. (1986) Diseño Planta de tratamiento de la Zona Sur. Convenio CDMB-Holanda, Bucaramanga, Colombia.
4. Collazos C.J., Hoyos L.F. y Schellinkhout, A. (1991) Manual DICOM PTAR "Río Frío", CDMB-DHV, Bucaramanga, Colombia.
5. Cala, J.M., Collazos, C.J. y Schellinkhout, A. (1991) Apuntes y registros de operación PTAR "Río Frío", Convenio CDMB-Holanda, Bucaramanga, Colombia.
6. Collazos, C.J. (1990) Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Bucaramanga (Colombia) mediante Reactores UASB y Lagunas Facultativas, I Taller y Conferencia sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales en América Latina, UNAM, México D.F., México.
7. Shellinkhout, A. and Collazos, C.J. (1991) Full Scale Application of the UASB Technology for Sewage Treatment. Documento presentado en el 6th International Symposium on Anaerobic Digestion, Sao Paulo, Brazil.
8. Collazos, C.J. y Cala, J.M. (1992) PTAR "Río Frío": UASB + Laguna Facultativa Exitosa Aplicación en Colombia. Trabajo presentado en el VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, SMISAAC, Cocoyoc, Morelos, Mexico.
9. Collazos, C.J. y Cala J.M. (1992) PTAR "Río Frío" Exitosa Aplicación de la Tecnología UASB, a Escala Real, para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas en Bucaramanga (Colombia). Trabajo presentado en el II Taller Regional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales en América Latina, Ciudad de La Habana, Cuba.
10. Aguilar, L. (1992) Medición y Composición del Biogás de la PTAR "Río Frío" - Montaje Técnica de Análisis Equipo ORSAT, CDMB, Bucaramanga, Colombia.
11. Vieira, S. and García, A. (1991) Sewage Treatment By UASB-Reactor. Operation Results and Recommendations for Design and Utilization. CETESB, Sao Paulo, Brazil.