

# DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, UTILIZANDO RADIOTRAZADORES

Condori J.<sup>(1)</sup> [jcondori@ipen.gob.pe](mailto:jcondori@ipen.gob.pe); Maghella G.<sup>(1)</sup> [gmaghella@ipen.gob.pe](mailto:gmaghella@ipen.gob.pe);  
Mamani E.<sup>(1)</sup> [emamani@ipen.gob.pe](mailto:emamani@ipen.gob.pe); Maguiña J.<sup>(1)</sup> [jmaguiña@ipen.gob.pe](mailto:jmaguiña@ipen.gob.pe);  
Alcahuamán R.<sup>(2)</sup>; Leclerc J.P.<sup>(3)</sup>

(1) Dirección de Aplicaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Laguna UNITRAR – UNI / Lima, Perú

(3) Centro de Energía Atómica (CEA) / Francia

## RESUMEN

Se presentan los resultados de la determinación de parámetros hidráulicos en el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA) de una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante el empleo de la técnica de trazadores, a través de la inyección de un trazador emisor gamma I-131, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR), a la entrada del reactor, con la finalidad de evaluar su comportamiento hidráulico mediante el empleo de sondas de detección.

## 1 CONTENIDO

La Planta de Tratamiento de aguas residuales estudiada trata las aguas domésticas provenientes de los poblados colindantes con una población aproximada de 18000 habitantes y cuenta con un caudal de diseño ( $Q_d$ ) = 10 l/s, para una carga orgánica, en términos de DQO, de 500 mg/l. El tratamiento que se lleva a cabo en esta planta, está constituido por un reactor RAFA, de lecho de lodos y un sistema de lagunas de tipo facultativas en serie; la primera, de forma rectangular (8000 m<sup>3</sup>) y la segunda de forma cuadrada y con un volumen aproximado de 3750 m<sup>3</sup>.

El RAFA puede considerarse como una unidad de tratamiento primario y está conformado por un digestor y dos pequeños sedimentadores (uno a cada lado), con un volumen total aprox. de 300 m<sup>3</sup>, tal como se puede apreciar en la Fig. 1. Tanto digestor como sedimentadores tienen un punto común de entrada y de salida. El objetivo del RAFA es remover la materia orgánica en un porcentaje de 60 - 70%, exceptuando a los organismos patógenos por el poco tiempo de retención que posee (7 horas a un caudal ( $Q$ ) = 10 l/s). Para este objetivo se cuenta con las lagunas facultativas en serie, las que constituyen el tratamiento secundario y terciario respectivamente. Como un

subproducto generado por el RAFA se tiene la producción de biogás que puede ser usado para la generación de energía y lodo digerido que puede ser utilizado para mejorar el suelo. Una de las ventajas de este tipo de reactores es que requiere un área de terreno menor en comparación con las lagunas primarias para tratar el mismo caudal y alcanzar la misma eficiencia.

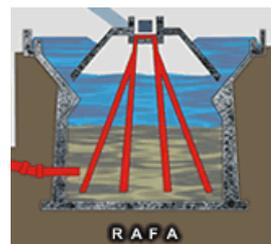
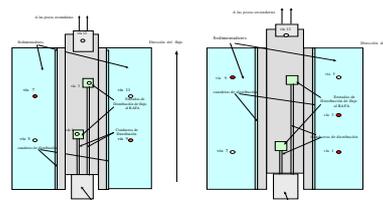


Figura 1. Vista transversal del Digestor RAFA

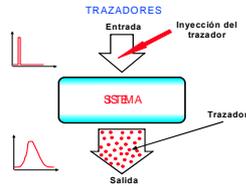
Los principales parámetros a considerar en un RAFA son el tiempo de retención, el sistema de alimentación, la geometría del reactor y la recolección del efluente, siendo el tiempo de retención el de mayor importancia, supeditado al gasto de aguas promedio de ingreso.

Dado que se llevaron a cabo dos experiencias, en las Figs.2 y 3 se representan la ubicación de los detectores en diversos puntos del reactor durante la ejecución de las pruebas.



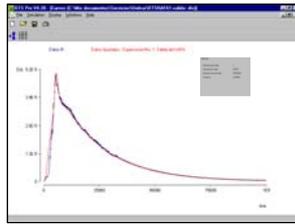
Figuras 2 y 3. Vistas de Planta del Reactor RAFA, mostrando la disposición de los detectores (Exp. 1 y 2).

Para evaluar los parámetros hidráulicos del RAFA se consideraron los caudales de operación (5.041 l/s y 7.058 l/s para la 1ra. y 2da. experiencias, respectivamente), el volumen de reactor, el volumen muerto y la posibilidad de retención del I-131 en el lecho de lodos, por lo que se empleó 20 mCi de I-131 en ambos casos y se utilizó el método de inyección instantánea (Fig. 4).

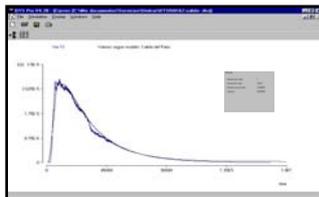


**Figura 4.** Evaluación de un Sistema mediante la Inyección de trazador.

El tiempo de residencia  $\Theta$  se calculó, para ambos casos, teniendo en cuenta el promedio obtenido de las curvas en el detector N° 12 (a la salida del reactor), tal como se muestra en las Figs 5 y 6.



**Figura 5.** Curva promedio del detector N° 12 correspondientes a la 1ra. experiencia, ajustada con el modelo DTS Pro (Francés).



**Figura 6.** Curva promedio del detector N° 12 correspondientes a la 2da. Experiencia, ajustada con el modelo DTS Pro (Francés)

La evaluación del RAFA en las dos experiencias con diferente caudal se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 1.** Resultados del Análisis de las curvas para la 1ra. Experiencia.

Evaluación de Unidades	T. de residencia teórico (h) Q = 5,041 l/s	T. de residencia exper. (h) Q = 5,041 l/s	Volumen Muerto (%)	Volumen Muerto (m <sup>3</sup> )
Digestor	14,50	7,705	46,86	123,2
Sedimentador	2,03	0,87	55,14	21,1
<b>RAFA</b>	<b>16,53</b>	<b>8,575</b>	<b>48,10</b>	<b>144,3</b>

**Tabla 2.-** Resultados del Análisis de las curvas para la 2da. Experiencia.

Evaluación de Unidades	T. de residencia teór. (h) Q = 7,058 l/s	T. de residencia exp. (h) Q = 7,058 l/s	Volumen Muerto (%)	Volumen Muerto (m <sup>3</sup> )
Digestor	10,39	6,831	34,25	90,7
Sedimentador	1,46	0,474	67,53	24,6
<b>RAFA</b>	<b>11,85</b>	<b>7,305</b>	<b>39,35</b>	<b>115,3</b>

## 2 CONCLUSIONES

- El Tiempo de Residencia  $\Theta$  del RAFA, para un caudal promedio de 5.041 l/s es de 8,575 h, mientras que para un caudal de 7.058 l/s, es de 7,305 h.
- El % de volumen muerto en el RAFA disminuye al aumentar el caudal.
- Existe presencia de cortocircuito en las salidas correspondientes a las vías 7 y 9 (sedimentadores izquierdo y derecho, respectivamente), lo cual puede confirmarse con las vías 1,3 (sed. derecho) y 9 (sed. izquierdo) de la 2da. experiencia, lo que demostró la presencia de fuga de agua que no interacciona con el lecho de lodos, debiéndose a alguna fisura en la tubería de alimentación a dicho lecho.
- Se obtuvo un volumen muerto promedio aproximado de todo el RAFA, considerando las dos experiencias, de 129 m<sup>3</sup>.

## 3 REFERENCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Radiotracer Technology for Engineering Unit Operation Studies and Unit Processes Optimization. Poland; 1999.
- [2] Instituto Peruano de Energía Nuclear - Universidad Nacional de Ingeniería. Evaluación de las Características Hidráulicas de la Laguna Terciaria de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (UNITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería, mediante el empleo de I-131. J. Condori, G. Maghella, E. Mamani, M. Balboa, N. Fustamante. Lima; 2002.