



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



DISEÑO Y OPERACIÓN A ESCALA LABORATORIO DE UN SISTEMA RBC PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (INDUSTRIAS BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS Y FARMACÉUTICA)

Luisa Quintero, Jorge Velasco, Andrés Molano, Laura Pramparo

**Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia**

Resumen

Un sistema RBC (Rotating Biological Contactor) es una tecnología tipo BIO, en la cual a partir de procesos de bioaumentación, los microorganismos presentes en el agua residual se fijan a unos discos rotativos que se encuentran parcialmente sumergidos y paralelos entre sí, formando una biopelícula. Esta tecnología permite remover carga orgánica contaminante del agua mejorando procesos de tratamiento. En este documento, se explica el procedimiento para el diseño y puesta en marcha a escala laboratorio de un RBC, con el fin de ser implementado a escala piloto en las plantas de tratamiento de dos industrias (Farmacéutica y Bebidas no alcohólicas), que presentan problemas asociados a la calidad del agua. El prototipo a escala laboratorio se realizará en etapas que comprenden un reconocimiento previo, generación de tres opciones y evaluación de eficiencia mediante la comparación de resultados obtenidos en los diseños propuestos y los datos de caracterización microbiológica previos. Con esto se busca mejorar parámetros de calidad como DBO_5 y DQO en las aguas residuales de las plantas de tratamiento y a su vez, generar una adecuada remoción de lodos y una disminución de grasas y aceites, a través del funcionamiento del sistema, siendo esto una reingeniería en los procesos de tratamiento, evaluando parámetros hidráulicos, de calidad y microbiológicos, con base en la resolución 0631 de 2015.

Palabras clave: biopelícula; Contaminantes emergentes; RBC

Abstract

A rotating biological contactor (RBC) system is a bio-type technology which uses bioaugmentation processes so microorganisms present in wastewater adhere to rotating discs which are partly submerged and parallel to each other forming a biofilm. This technology allows removal of contaminating organic load improving treatment processes. This paper explains the procedure for designing and implementing a laboratory-scale RBC for pilot use in two industrial treatment plants (pharmaceutical and nonalcoholic beverage) which have water quality issues. This laboratory-scale prototype will be built in stages which include an initial reconnaissance, generation of three design options, and assessment of their efficiency through comparison of the results obtained with the proposed designs, and prior microbiological characterization data. The purpose is to improve quality parameters like BOD₅ and COD in wastewater from treatment plants, to adequately remove sludge and to reduce oils and fats using the system. This would represent a reengineering of the treatment processes, evaluating hydraulic, quality, and microbiological parameters as per resolution 0631 from 2015.

Keywords: biofilm; emerging contaminants; RBC

1. Introducción

El problema actual de contaminación de fuentes hídricas derivado del manejo de aguas residuales se asocia a la aplicación de normativas en el país durante los últimos 34 años, si bien desde 1979 se han implementado normas referentes a la disposición de residuos, sólo hasta el año 1984 con el decreto 1594, se establecieron valores aceptables para los diferentes usos del agua en función de parámetros de calidad. Sin embargo, estas consideraciones eran destinaciones genéricas para los diferentes tipos de vertimiento. Para el año 2014 con la resolución 1207, se presenta la disposición para aguas residuales tratadas; actualmente se aplica la resolución 0631 de 2015, la cual indica valores admisibles de parámetros de calidad para cada tipo de vertimiento. En ese sentido, aunque en Colombia se han implementado sistemas de tratamiento, en muchos casos el diseño, operación y tipo no están acondicionados para cumplir con los parámetros del marco normativo vigente.

Tal es el caso de dos industrias en la ciudad de Bogotá: una empresa farmacéutica y una de bebidas no alcohólicas, que cuentan con su respectiva planta de tratamiento para aguas residuales no domésticas, sin embargo, presentan problemas asociados a parámetros de calidad. La primera no cumple los valores admisibles de la normativa actual para DBO₅ y DQO, generando exceso de grasas y aceites, también hay presencia de contaminantes emergentes los cuales no tienen un adecuado tratamiento y al entrar en contacto con el ambiente generan un impacto ecológico y efectos nocivos sobre la salud (Gil et al., 2012). En el caso de la segunda empresa, su planta le permite cumplir los parámetros de calidad, sin embargo, los procesos de tratamiento generan grandes cantidades de lodos, que tienen impactos tanto ambientales como económicos pues aumentan la carga contaminante del agua residual y su remoción incrementa los costos. De igual forma, el tratamiento inadecuado de los mismos podría generar un escenario en el cual se vean afectados los parámetros de calidad de agua que actualmente cumple la empresa.

DISEÑO Y OPERACIÓN A ESCALA LABORATORIO DE UN SISTEMA RBC PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (INDUSTRIAS BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS Y FARMACÉUTICA)

Por esta razón, y para ambos casos, el objetivo del trabajo es adecuar las plantas para mejorar los procesos de tratamiento, modificando las operaciones unitarias en una de las partes del tren de tratamiento mediante la implementación de un sistema RBC (Rotating Biological Contactor), una tecnología tipo bio para aguas residuales, en la cual los microorganismos se fijarán en un soporte para la formación de un biofiltro (Nozaic y Freese, 2009), con un tiempo de contacto y de retención hidráulica, para lo cual se generarán diseños a escala laboratorio con un volumen efectivo de 5 litros (Vishal y Dhinakaran, 2012).

Con la implementación y evaluación del sistema a escala laboratorio, se espera disminuir las tasas de carga orgánica contaminante en el agua residual tratada, tomando como criterio los parámetros de calidad del agua obtenidos en la etapa de caracterización ya realizada. De esta forma se espera generar un primer acercamiento a la escala piloto para el acondicionamiento posterior de las plantas de tratamiento, para que en sus procesos se logre la disminución de grasas y aceites y contaminantes emergentes de la empresa farmacéutica y la adecuada remoción y disposición de lodos en la empresa de bebidas no alcohólicas (Tawfik et al., 2005).

2. Metodología

A partir de lo anterior, se presenta el siguiente marco metodológico:

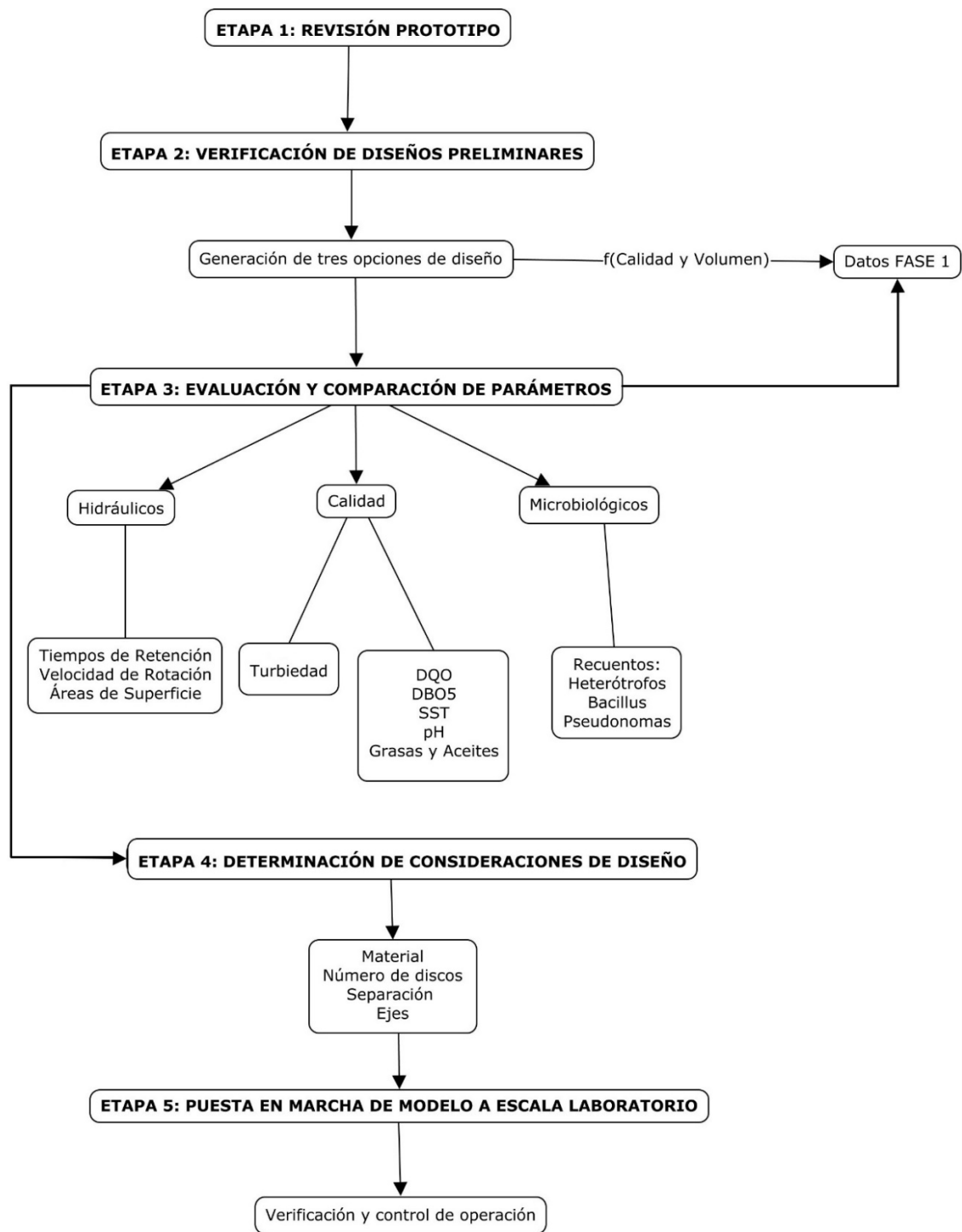


Figura 1. Marco metodológico donde se desarrollan las etapas. Fuente: Los autores.

DISEÑO Y OPERACIÓN A ESCALA LABORATORIO DE UN SISTEMA RBC PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (INDUSTRIAS BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS Y FARMACÉUTICA)

Revisión Prototipo: Para la verificación de operación y manejo, se realizará una visita de reconocimiento e identificación del sistema RBC, el cual se encuentra funcionando en la trampa de grasas de un hotel de la ciudad de Bogotá. Se evaluarán los procesos de operación, caudales, tipo de discos, separación y material de los mismos, ejes, velocidad de rotación, área de superficie activa, áreas y flujos de rotación.

Verificación Prototipo: De acuerdo con el reconocimiento previo de un prototipo existente (etapa 1), se generarán tres opciones de diseño a escala laboratorio, para la evaluación de la eficiencia de remoción al tratar un volumen efectivo de 5 litros del agua residual no doméstica, estas opciones están diseñadas en función de parámetros de calidad y volumen, obtenidos en la Fase 1 del proyecto. Los tres diseños se desarrollarán variando las partes del sistema RBC: ejes, material, discos y separación.

Evaluación y comparación de parámetros: Se evaluarán los parámetros de calidad al agua residual tratada por cada diseño generado en la etapa 2, los cuales se muestran en la siguiente tabla (IDEAM, 2007)

Tabla 1. Métodos utilizados para evaluación de parámetros. Fuente: Los autores.

PARÁMETRO		MÉTODO	OBJETO
Físicos	Turbiedad	Nefelometría	Validar los efectos de reducción de DBO
Químicos	pH	Electrometría	Conocer si la solución es ácida o básica
	DBO ₅	Incubación y electrometría	Determinar la concentración de materia orgánica carbonácea en los diferentes diseños
	DQO	Reflujo cerrado	Verificar la remoción de compuestos orgánicos e inorgánicos en el agua
	SST	Gravimétrico	Evaluar la remoción de SST
	Grasas y aceites	Extracción Soxhlet	Evaluar la concentración de grasas y aceites y determinar la cantidad de remoción que tiene el sistema
Microbiológicos	Heterótrofos	(MINAMBIENTE, 2015) Recuento en placa	Determinar la actividad biológica del sistema
	Bacillus		
	Pseudomonas		

Se realizará un análisis de los resultados de calidad obtenidos, mediante la comparación con los datos de caracterización del agua residual de la fase 1, verificando así el cumplimiento de los parámetros de calidad y la disminución de carga orgánica contaminante en cada uno de los tres sistemas.

Determinación de consideraciones de diseño: Según el análisis de la etapa 3, se realizará una comparación de eficiencia teniendo en cuenta principalmente los parámetros químicos, debido a que DBO₅ y DQO influyen directamente en la reducción de la carga orgánica contaminante, y a su vez en la generación de lodos y grasas y aceites, la principal problemática de los sistemas de tratamiento.

DISEÑO Y OPERACIÓN A ESCALA LABORATORIO DE UN SISTEMA RBC PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (INDUSTRIAS BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS Y FARMACÉUTICA)

A partir de los resultados de eficiencia se seleccionará el diseño que tenga mayor viabilidad para ser dispuesto a escala piloto y se definirán las consideraciones de diseño (material, ejes, espaciamiento, número de discos, áreas de superficie, flujo de rotación y sumergido).

Puesta en marcha de modelo a escala laboratorio: Esta etapa comprende el funcionamiento en el laboratorio del diseño seleccionado, simultáneamente se realizarán controles de evaluación de parámetros que aseguren su correcta operación, tales como temperatura, velocidad de los discos, fijación y grosor de la biopelícula, tiempos de retención, áreas de superficie, velocidades de rotación, parámetros de calidad que indiquen que las tasas de remoción son constantes o que no disminuyen (DBO_5 , DQO), estos últimos llevándose a cabo según la metodología estándar del IDEAM utilizada en la etapa 3.

3. Resultados esperados

Evaluación e identificación de los procesos de operación del sistema RBC mediante la revisión técnica del prototipo existente en el hotel de la ciudad de Bogotá, de la cual se espera conocer valores y tasas actuales, datos de funcionamiento del sistema, para identificar los componentes y consideraciones de diseño necesarias en este tipo de tecnologías, con base en esto y en los datos de calidad y cantidad derivados de la fase 1, se espera generar tres opciones de diseño.

A partir del funcionamiento de las opciones, se espera obtener una reducción en los valores de parámetros de calidad para los tres diseños generados, es decir, que su operación genere disminución de carga orgánica contaminante y a su vez cumplan los valores admisibles por la resolución 0631 de 2015, para así elegir el diseño óptimo y sus consideraciones finales, de forma que, al ser puesto en funcionamiento, continúe generando las tasas de remoción que se obtengan en la etapa de evaluación. Luego de esto, poner en marcha el modelo a escala laboratorio y monitorear su posterior funcionamiento, generando datos que permitan la adecuación del diseño a escala piloto. En esta etapa se espera que las tasas de remoción de carga orgánica, y los parámetros hidráulicos, de calidad y microbiológicos, se mantengan constantes.

4. Referencias bibliográficas

- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., Gutiérrez, O. D. (21 de noviembre de 2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos.
- IDEAM. (10 de septiembre de 2007). *Sistemas de gestión de calidad*. Obtenido de [Ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co): http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- Nozaic, D., Freese, S. (2009). *Process Design Manual For Small Wastewater Works*. Gezina, Republica de Sur Africa: Water Research Commission.
- Tawfik, A., Temmink, H., Zeeman, G., Klapwijk, B. (2005). *SEWAGE TREATMENT IN A ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*.

DISEÑO Y OPERACIÓN A ESCALA LABORATORIO DE UN SISTEMA RBC PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (INDUSTRIAS BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS Y FARMACÉUTICA)

- Vishal, K., Dhinakaran, M. (2012). EFFECT OF ROTATIONAL SPEED OF DISC FOR TREATING PHARMACEUTICAL AND DOMESTIC WASTE STREAMS IN ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS. *International Journal of Institutional Pharmacy and Life Sciences*, 2(3), 23-25.
- Wang, L., Wu, Z., Shammass, N. (2009). *Handbook of Environmental Engineering, Volume 8: Biological Treatment Processes*. Humana Press.

5. Agradecimientos

Producto derivado del proyecto IMP-ING-2655 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, vigencia 2018.

Sobre los autores

- **Luisa Quintero:** estudiante del programa de Ingeniería Civil. u1102164@unimilitar.edu.co
- **Jorge Velasco:** estudiante del programa de Ingeniería Civil. u1102190@unimilitar.edu.co
- **Andrés Molano:** Microbiólogo Industrial. Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente. Magíster en Gestión Ambiental. Asistente de investigación. andres.molano@unimilitar.edu.co
- **Laura Pramparo:** Ingeniera Química. Doctora en Ingeniería Química de la Universitat Rovira i Virgili. Docente investigador. laura.pramparo@unimilitar.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)