

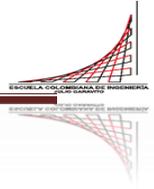
## Maestría en Ingeniería Civil

### Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Complejo Urbanístico Barcelona de Indias

**Cristhian Alvis Yepes**

**Bogotá, D.C., 28 de agosto de 2015**





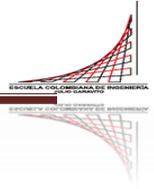
# **Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Complejo Urbanístico Barcelona de Indias**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en  
Ingeniería Ambiental**

**Jairo Alberto Romero Rojas  
Director**

**Bogotá, D.C., 28 de agosto de 2015**





La tesis de maestría titulada “Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del complejo urbanístico Barcelona de Indias”, presentada por Cristhian Alvis Yepes, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en ingeniería ambiental.

---

**Firma del director del proyecto**

**Jairo A. Romero Rojas**

---

**Firma del jurado**

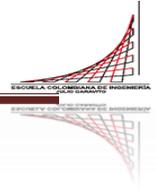
**Héctor Rodríguez**

---

**Firma del jurado**

**Gladys González**

Bogotá, D.C., 28 de agosto de 2015



## Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por abrirme el camino para adquirir nuevos conocimientos y brindarme las herramientas necesarias para aprender de cada una de las situaciones vividas en el transcurso de este postgrado. A Él le agradezco por haberme respaldado durante mis estudios y haber puesto en este a cada uno de los profesionales, que con sus conocimientos, contribuyeron al logro de escalar un peldaño más de la vida profesional.

Gracias le doy a cada una de las personas que me brindaron su ayuda y apoyo intelectual para poder presentar hoy con mucho orgullo este trabajo de grado. Al profesor y director de Tesis Jairo Alberto Romero Rojas por su guía y apoyo durante este logro.

A mi familia por su sincera comprensión; a mis compañeros de clases por el trabajo en equipo que realizamos. A todos infinitas gracias por aportar su semilla y permitir que hoy se pueda recoger los frutos de una ardua cosecha.

## Resumen

El trabajo desarrollado presenta la evaluación del funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del complejo urbanístico Barcelona de Indias.

Se realizó una descripción de cada uno de los componentes de la planta para entender su funcionamiento ya que no existen planos ni memorias de cálculo ni especificaciones técnicas.

En la figura 1 se muestra un esquema original de cada una de las partes de la PTARD. En ella se observa que en el último pozo de inspección de la red de alcantarillado de la urbanización se inicia el funcionamiento de la planta de tratamiento. En este pozo se ubica una bomba sumergible que envía el caudal al tanque de equilibrio donde se dispone de bombas sumergibles que envían un caudal constante al reactor. El reactor está dividido en cuatro módulos donde se inyecta aire por medio de compresores y se recircula lodo. El efluente es enviado por gravedad hacia el lago. Se determinó mal estado de los componentes de la PTAR debido a: bombas funcionando con caudales inconstantes, mantenimiento deficiente, tuberías del compresor con menor diámetro de lo propuesto por el constructor, en acero al carbón, oxidado e inactivo; bombas de recirculación desarmadas y no existe recirculación de caudal y lodo al reactor.

Se tomaron muestras del afluente y del efluente de la planta de tratamiento entre el 15 y 23 de julio de 2013, analizadas en laboratorio y evaluadas teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normativa colombiana para el tratamiento y vertimiento de las aguas residuales según el decreto 1594 de 1984, vigentes para la época del estudio.

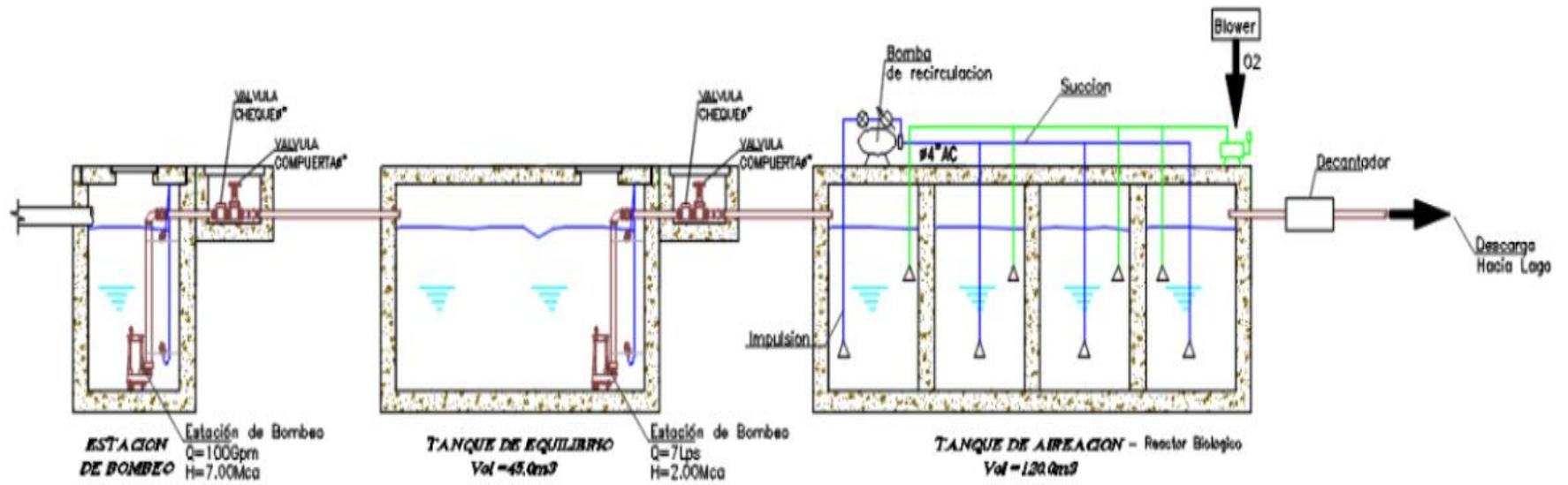
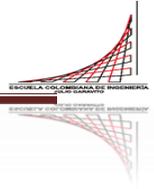


Figura 1. Esquema de la PTARD de la urbanización



Todos los análisis se efectuaron siguiendo las técnicas del Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater y se llevaron a cabo en el LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD (SOCIEDAD DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO Y ASEO DE BARRANQUILLA S.A E.S.P). Los parámetros de control en el afluente y efluente fueron: Temperatura, pH, conductividad, salinidad, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, DBO<sub>5</sub>, DQO, fósforo total, nitrógeno amoniacal, nitrato, cloruros, sulfatos, coliformes fecales y coliformes totales. Las muestras se preservaron para su traslado al laboratorio siguiendo la metodología de la APHA, AWWA, WEF en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater.

Los resultados obtenidos muestran que los valores de temperatura y pH cumplen con lo establecido en el decreto 1594 de 1984. La remoción de DBO y sólidos suspendidos no satisfacen el valor establecido de 80% de remoción en el decreto antes mencionado.

## Índice general

Introducción.....	11
Capítulo I	
Objetivos.....	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos .....	12
Capítulo II	
Antecedentes.....	13
Capítulo III	
Marco Teórico .....	16
3.1 Sistema De Lodos Activados.....	16
3.2 Parámetros Del Sistema .....	21
3.3 Aireación.....	22
3.4 Vertimiento .....	22
Capítulo IV	
Metodología.....	24
4.1 Inventario Físico .....	25
4.2 Caracterización Del Afluente Y Efluente .....	29
4.3 Determinación Del Caudal Y Características Del Reactor .....	43
Capítulo V	
Análisis De Resultados.....	49
Conclusiones.....	54
Recomendaciones .....	55
Bibliografía.....	56
Anexo .....	57

## Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de diseño y operación procesos de lodos activados.....	20
Tabla 2. Norma de calidad para el vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua. ....	23
Tabla 3. Componentes de la PTAR .....	25
Tabla 4. Metodología para muestreo y preservación de muestras.....	29
Tabla 5. Metodología para el análisis en laboratorio de las muestras tomadas en campo. .	29
Tabla 6. Datos obtenidos el 15 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	30
Tabla 7. Datos obtenidos el 16 de julio de 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	31
Tabla 8. Datos obtenidos el 17 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	32
Tabla 9. Datos obtenidos el 18 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	33
Tabla 10. Datos obtenidos el 19 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	34
Tabla 11. Datos obtenidos el 22 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	35
Tabla 12. Datos obtenidos el 23 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida. ....	36
Tabla 13. Resultados PTARD Julio 15 de 2013.....	36
Tabla 14. Resultados PTARD Julio 16 de 2013.....	37
Tabla 15. Resultados PTARD Julio 17 de 2013.....	37
Tabla 16. Resultados PTARD Julio 18 de 2013.....	38
Tabla 17. Resultados PTARD Julio 19 de 2013.....	38
Tabla 18. Resultados PTARD Julio 22 de 2013.....	39
Tabla 19. Resultados PTARD Julio 23 de 2013.....	39
Tabla 20. Resultados PTAR 25 de julio 2013. ....	44
Tabla 21. Resultados PTAR 26 de julio 2013 .....	46
Tabla 22. Resultados reactor 25 julio 2015 .....	48
Tabla 23. Resultado reactor 26 julio 2015.....	48
Tabla 24. Eficiencias de remoción y cumplimiento con el decreto 1594 de 1984. ....	51
Tabla 25. Eficiencia de remoción y cumplimiento con el decreto 1594 de 1984. (CONTINUACION tabla 24).....	52

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de la PTARD de la urbanización .....	6
Figura 2. Ubicación planta de tratamiento de la urbanización Barcelona de Indias .....	13
Figura 3. Descripción de la urbanización Barcelona de Indias. Fuente. ....	14
Figura 4. Tratamiento de aguas residuales. V .....	17
Figura 5. Equipo de bombeo (tanque equilibrio).....	26
Figura 6. Reactor biológico. ....	26
Figura 7. Conexión entre los reactores. ....	26
Figura 8. Blower (ver ficha técnica en el anexo).....	27
Figura 9. Curva de la bomba de recirculación de lodo.....	27
Figura 10. Bomba de recirculación y blower .....	28
Figura 11. Decantador (ubicado al final de la PTARD).....	28
Figura 12. Comportamiento de la DBO en el afluente y el efluente .....	40
Figura 13. Comportamiento de la DQO .....	40
Figura 14. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales.....	41
Figura 15. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales.....	41
Figura 16. Comportamiento del nitrógeno .....	42
Figura 17. Comportamiento del fósforo .....	42
Figura 18. Comportamiento de coliformes fecales.....	43
Figura 19. Comparación de temperatura con respecto al decreto 1594 de 1984.....	49
Figura 20. Comparación del pH con el decreto 1594 de 1984 .....	50
Figura 21. Eficiencia de remoción de DBO, DQO, SST .....	53

## Introducción

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. Con el crecimiento de los centros urbanos, el incremento de la población y el auge del desarrollo industrial; se ha acentuado la contaminación de la mayoría de las fuentes de agua disponibles, especialmente las superficiales. Esto es debido al manejo inadecuado de las aguas residuales de origen urbano e industrial que son depositadas en los cuerpos de agua con un alto porcentaje de compuestos que afectan la salud pública y ambiental. Esta situación ha llevado a desarrollar sistemas de tratamiento de aguas domésticas que tiene como objetivo principal el de reducir algunas características indeseables de las aguas negras de tal manera que su uso y disposición final cumpla las normas y criterios definidos por las autoridades sanitarias.

Haciendo una revisión de estudios llevados a cabo en distintas plantas de tratamiento en Colombia y el mundo, se puede destacar que las plantas de tratamiento de aguas residuales son identificadas como generadoras de malos olores, devaluadoras del área en donde son construidas, desgastadoras del entorno y del vecindario. También son responsabilizadas de la inutilización de extensas áreas de tierras, costos elevados de inversión y operación e impacto ambiental negativo por contaminación química y sanitaria. También se destaca en estudios anteriores que muchas plantas no tienen la eficiencia esperada ya que presentan deficiencias en las proporciones microbiales que afectan la capacidad de remoción de los elementos contaminantes. Por esto, el control de las descargas de los sistemas de tratamiento de aguas domésticas se convierte en un reto importante para las autoridades ambientales y cada vez son más los estudios llevados a cabo en plantas de tratamiento.

Una de las plantas de Cartagena pertenece al complejo urbanístico Barcelona de Indias donde la comunidad ha presentado desconciertos en cuanto a olores desagradables alrededor de la planta. Es por esto que el presente estudio evalúa el funcionamiento del sistema de tratamiento determinando la calidad del afluente y efluente así como la efectividad del proceso.

## Capítulo I

### Objetivos

#### 1.1 Objetivo General

Elaborar el diagnóstico de los procesos, del funcionamiento y de la operación de la planta de tratamiento de la urbanización Barcelona de Indias para formular los requisitos de optimización.

#### 1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características y condiciones de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Barcelona de Indias.
- Determinar las características del efluente y afluente del sistema de tratamiento.
- Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento existente.
- Analizar el cumplimiento de las normas de vertimiento exigidas a la urbanización Barcelona de Indias.
- Formular recomendaciones para dar cumplimiento a las normas vigentes.

## Capítulo II

### Antecedentes

La planta de tratamiento de aguas residuales en estudio pertenece al complejo urbanístico Barcelona de Indias el cual está localizado en la zona norte de Cartagena en la vía que conduce a Manzanillo. Como se observa en la Figura 2 la planta de tratamiento se encuentra ubicada al oeste del complejo urbanístico cerca al lago, manteniendo una distancia aproximada de 60m del predio más cercano.



**Figura 2.** Ubicación planta de tratamiento de la urbanización Barcelona de Indias

**Fuente.** Google Earth 6. 2012.

El lago en el cual se vierten las aguas después de ser tratadas, ocupa un área aproximada de 92.0 ha. Este lago se diseñó teniendo en cuenta que a él llegan las aguas pluviales de los terrenos del lado derecho de la vía al mar, también llegan las aguas pluviales del complejo urbanístico. Este lago cruza la urbanización para llegar al canal donde se une al mar.

El complejo urbanístico Barcelona De Indias se encuentra localizado en la zona norte de Cartagena en la vía a Manzanillo, el cual está enmarcado en una superficie de 241ha. La primera etapa está compuesta por las siguientes zonas: Gaudí con una extensión de 30 ha, Pedralbes con 9Ha, Sarria 29ha, Miró 12ha y Plaza Comercial Las Ramblas 6 ha de las cuales solo evacúan en la PTAR de estudio el sector de Pedralbes, Miro y Gaudi. En la figura 3 se observa un esquema de toda la urbanización.



**Figura 3.** Descripción de la urbanización Barcelona de Indias. Fuente. Constructora Barcelona de Indias S.A 2012

El complejo urbanístico cuenta con un sistema de abastecimiento de agua suministrada por la empresa prestadora del servicio Aguas de Cartagena S.A, que a través de una conexión en la red principal alimentan los tanques de almacenamiento. El proyecto utiliza un sistema de presión constante para enviar el agua potable a las casas y a cada uno de los lotes.

El sistema de alcantarillado recolecta las aguas residuales y las conduce hacia la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la cual después de tratar las aguas las vierten al lago aledaño a la urbanización. El sistema de alcantarillado fue concebido para no permitir conexiones erradas, ni la entrada de las aguas lluvias a la red, por lo cual las cargas contaminantes y el caudal que se maneja en la PTAR es producido por la descarga de las aguas negras de consumo doméstico.

La planta de tratamiento fue construida debido a que el sector en que se ubica la urbanización no cuenta con un sistema de alcantarillado general, es decir, la empresa de servicios públicos encargada no cuenta con una red que permita la conducción de las aguas negras hasta sus puntos de tratamiento. Por dicha razón se plantearon diversas alternativas de solución para la disposición de las aguas servidas hasta llegar a una solución económica y eficaz que es la que se encuentra en funcionamiento actualmente. Sin embargo, hoy en día no existe ningún tipo de documentación que

permita estudiar a fondo el diseño inicial de la planta, no existen planos, memorias de cálculo ni especificaciones técnicas, tampoco se dispone de un manual que describa el funcionamiento de esta. Dispone de personal técnico capacitado que se encarga de la limpieza, suministro de nutrientes y supervisión de los equipos de bombeo.

La construcción de la planta de tratamiento tuvo un costo aproximado de 300 millones de pesos. Esta es administrada por la copropiedad y el costo del mantenimiento es de aproximadamente \$34.000 por vivienda mensuales. Teniendo en cuenta que el sector de Gaudi está conformado por 152 viviendas, el sector Miro tiene 24 viviendas y el sector Pedralbes consta de 19 viviendas, esto resulta un total de 195 viviendas. Por lo tanto el costo de mantenimiento es de aproximadamente \$6.630.000 al mes.

Aunque es una obligación realizar un tratamiento a los residuos sólidos y líquidos antes de ser vertidos, se ha detectado que no todos los tratamientos están teniendo los resultados esperados, por lo tanto las instituciones gubernamentales encargadas de vigilar y controlar la calidad del medio ambiente exigen el cumplimiento del decreto 1594 de 1984, el cual se refiere al uso del agua y residuos líquidos para disminuir o detener el creciente deterioro de los recursos naturales causados por los vertimientos derivados de las diferentes actividades del hombre. El hecho de verter el efluente hacia el lago, hace necesaria la evaluación del sistema de tratamiento existente para los caudales, carga orgánica y sólidos suspendidos del afluente, teniendo en cuenta además la presencia de olores fuertes en la planta y en el lago y así evitar y disminuir la contaminación del medio ambiente.

## Capítulo III

### Marco Teórico

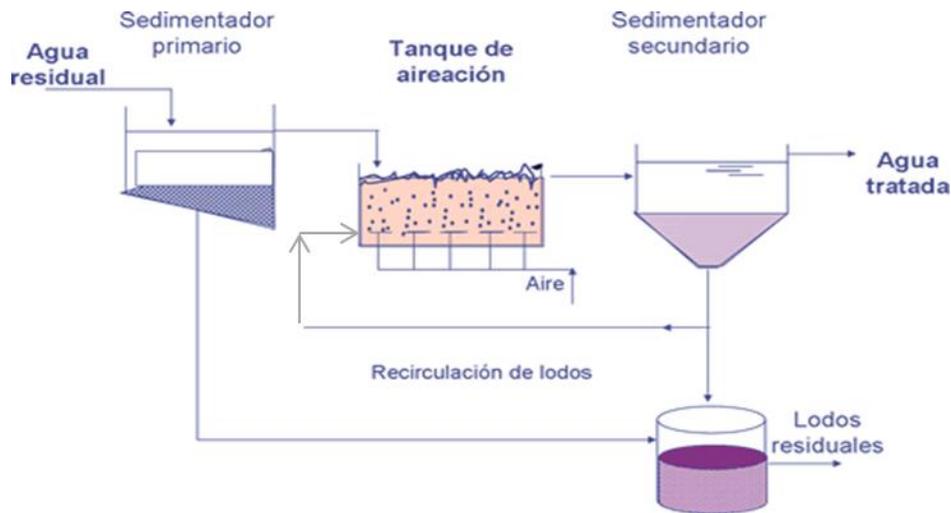
#### 3.1 Sistema De Lodos Activados

El lodo activado es una masa de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos que posee una facilidad de adsorción de materiales coloidales y suspendidos.

El sistema convencional de lodos activados se desarrolla en tres etapas: aireación, sedimentación y recirculación de lodos.

- Una vez obtenido el efluente del tratamiento primario, proceso en el cual se eliminan las partículas de gran tamaño a través de rejillas, se le añade lodo activado y se hace pasar la mezcla por un tanque de aireación. En el tanque, el aire atmosférico se mezcla con el floc biológico por agitación mecánica o se difunde aire comprimido dentro del fluido mediante diversos dispositivos, placas filtrantes, tubos de filtro, eyectores y chorros. Aquí el lodo absorbe los sólidos en suspensión y los coloides. Según se absorbe la materia orgánica, tiene lugar la oxidación biológica. Los organismos presentes en el lodo descomponen los compuestos de nitrógeno orgánico y destruyen los carbohidratos.
- El efluente del tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación secundaria donde se retiene el fluido para decantar el lodo.
- Luego el lodo del tanque de sedimentación final se regresa para la recirculación con las aguas negras de entrada.

La Figura 4 muestra un esquema del tratamiento de aguas residuales por lodos activados.



**Figura 4.** Tratamiento de aguas residuales. Vía web. “soluciones de tratamiento de agua”. [www.rema.com](http://www.rema.com). Enero 2012.

El tanque de aireación tiene un tamaño fijo y por consiguiente un tiempo de retención fijo para un caudal determinado. Por dicha razón, la actividad biológica estará limitada en un periodo fijo para cada caudal de entrada. Dentro de este periodo de retención se efectúa la actividad biológica de los microorganismos, los cuales pasan por diferentes fases de desarrollo, dependiendo de la relación Alimento/Microorganismos (A/M) y demás condiciones ambientales. A medida que se consume el alimento y se producen nuevas células, la relación A/M disminuye llegando a un punto en que el alimento ya no se encuentra en exceso sino que es un factor limitante.

La concentración de alimento continua disminuyendo y los microorganismos aumentando a una tasa cada vez menor. Es aquí donde se inician la fase endógena durante la cual los microorganismos son incapaces de obtener suficiente energía del alimento remanente en el residuo y comienza a metabolizar sus propias reservas de alimento aumentando rápidamente la tasa de formación de floc biológico. En general el floc biológico formado es separado de la fracción líquida mediante el sedimentador y recirculado al tanque de aireación, esto hace que la concentración de microorganismos sea mayor que la inicial por lo tanto la relación A/M será también menor que la inicial y las bacterias empiezan de nuevo el periodo de crecimiento.

El tamaño del tanque de aireación debe ser lo suficiente para permitir que los microorganismos alcancen la fase endógena durante los periodos de caudal máximo y máxima carga orgánica.

Existen varias formas de llevar a cabo el tratamiento con lodos activados citados a continuación.

**Convencional:** Este proceso consiste de un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una recirculación del lodo. El sistema de aireación puede estar constituido por difusores o aireadores mecánicos, obteniéndose eficiencia en la remoción de  $DBO_5$  entre el 85% y 95% para un tiempo de retención hidráulico que varía de 4 a 8 horas. Este proceso es sensible a sobrecargas. Consiste en un tanque de aireación de forma alargada (ancho/ largo = 1:5). Esta geometría determina que el régimen de flujo hidráulico sea el de flujo pistón. Operan en la zona de crecimiento estacionario y la relación A/M está equilibrada. La cantidad de alimento disponible está en equilibrio con la masa de microorganismos.

La alimentación del líquido residual, así como la recirculación los lodos, se efectúa por uno de los extremos, mientras que la salida del líquido tratado, se produce por el extremo opuesto. Debido a la forma del reactor, y a cómo se efectúa la alimentación del líquido residual, en la zona de entrada la concentración de materia orgánica, y por lo tanto, el requerimiento de oxígeno es muy elevado, disminuyendo progresivamente hacia la salida. Por ello, es usual que en estos procesos se produzca un déficit en el suministro de oxígeno en la zona de entrada y exceso del mismo en la zona de salida. El aire inyectado no va a ser bien aprovechado si se inyectó en todo el reactor. Por esto, existen 2 variantes de este sistema de tratamiento tendientes a equilibrar la demanda de oxígeno.

**Lodos activados mezcla completa:** este proceso consiste básicamente en una mezcla completa de bacterias y agua residual en un tanque de aireación de micro burbuja. A medida que la población de microorganismos aumenta, se agrupan y forman flóculos para producir una masa activa llamada lodo activado que sedimentara en la unidad subsiguiente del sistema. En este sistema tanto el líquido afluente como el lodo biológico recirculado se introducen en distintos sectores de la cámara de aireación a fin de lograr una distribución uniforme de la carga orgánica y de los microorganismos que intervienen en el proceso, como consecuencia el requerimiento de oxígeno es uniforme en todo el reactor. Otra característica es que, debido a la mezcla “instantánea” del líquido alimentado, este tipo de procesos soporta mejor las descargas puntuales de compuestos tóxicos, así

como las variaciones de carga del líquido afluente. Para lograr condiciones de flujo hidráulico próximos a la mezcla completa, estos tanques de aireación se construyen con relaciones largo/ancho próximos a la unidad.

**Aireación extendida:** Este sistema es conocido también como Oxidación Total. Su diagrama de flujo es esencialmente el mismo que el de un sistema de mezcla completa excepto que no tiene sedimentador primario. El tiempo de retención hidráulico varía de 18 a 36 horas. Este período de aireación permite que las aguas residuales y lodo sean parcialmente digeridos en el tanque aireador, permitiendo su disposición sin ser necesaria una gran capacidad de digestión. Es posible lograr eficiencias en la remoción de los contaminantes entre el 90% y 95% para un tiempo de retención hidráulico superior a 8 horas. Emplea tiempos de residencia hidráulicos de hasta 24 horas y tiempos de residencia celular  $> 14$  días. Comparado con el proceso convencional, son procesos que generan relativamente poca biomasa en exceso, pero el requerimiento de oxígeno es mayor, para la degradación de materia orgánica y la nitrificación. Por ello, se necesita una mayor potencia de aireación (mayor gasto energético).

Operan en la zona de respiración endógena de la curva de crecimiento. La relación A/M es baja. Hay déficit de alimento. Predomina la muerte de microorganismos. Éstos aportan los nutrientes necesarios para que los microorganismos vivos los aprovechen. Debido a los extensos tiempos de tratamiento (operan en la zona de respiración endógena de la curva de crecimiento) los lodos biológicos se encuentran suficientemente estabilizados como para ser dispuestos directamente, luego de disminuir su contenido de agua. Esto es, debido a que el poco alimento, los obliga a consumir parte de su material de reserva.

En el sistema convencional no se puede asegurar la nitrificación completa, por lo menos en invierno. En cambio, un sistema de lodos activados de aireación extendida, pueden asegurar la nitrificación en cualquier época del año, incluso a bajas temperaturas.

En general se establece que el tiempo de retención, la carga volumétrica, la relación A/M y el tiempo promedio de retención celular son los parámetros que más se tienen en cuenta en el diseño de un sistema de lodos activados. Estos parámetros son mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros de diseño y operación procesos de lodos activados

Proceso	Período de	Carga	A/M	X	Edad de	Tasa de	Eficiencia	Observaciones
	aireación	volumétrica	gDBO	SSLM	todos	recirculación	DBO	
	$\theta$ , horas	$\text{gDBO/m}^3 \cdot \text{d}$	$\text{gSSVLM d}$	mg/L	$\theta_c$ , d	R, %	%	
Convencional	4 - 8	300 - 600	0,2 - 0,4	1,500 - 3,000	5 - 15	25 - 75	85 - 95	Sensible a cargas súbitas.
Aireación gradual	4 - 8	300 - 600	0,2 - 0,4	1,500 - 3,000	5 - 15	25 - 50	85 - 95	Uso general.
Mezcla completa	3 - 5	800 - 2,400	0,2 - 0,6	2,500 - 4,000	5 - 15	25 - 100	85 - 95	Resistente a cargas choque.
Aireación escalonada	3 - 5	600 - 1,000	0,2 - 0,4	2,000 - 3,500	5 - 15	25 - 75	85 - 95	Uso general. Flujo en pistón.
Aireación corta	1,5 - 3	1,200 - 2,400	1,5 - 5,0	200 - 1,000	0,2 - 0,5	5 - 25	60 - 75	Efluente de baja calidad.
Estabilización y contacto	$(0,5 - 1,0) + (3 - 6)++$	1,000 - 1,200	0,2 - 0,6	$(1,000 - 3,000) + (4,000 - 10,000)++$	5 - 15	50 - 150	80 - 90	Operación flexible. Usado para ampliar plantas existentes. Flujo en pistón.
Aireación prolongada.	18 - 36	100 - 400	0,05 - 0,15	3,000 - 6,000	20 - 30	50 - 150	75 - 95	Usado en plantas pequeñas, operación flexible. Flujo en pistón.
Krauss	4 - 8	600 - 1,600	0,3 - 0,8	2,000 - 3,000	5 - 15	50 - 100	85 - 95	Usado en residuos fuertes, bajos en N.
Tasa alta	2 - 4	1,600 - 16,000	0,4 - 1,5	4,000 - 10,000	5 - 10	100 - 500	75 - 90	Uso general. Mezcla completa.
Oxígeno Puro	1 - 3	1,600 - 3,300	0,25 - 1,0	2,000 - 5,000	3 - 10	25 - 50	85 - 95	Usado para reducir volumen requerido para tratamiento. Mezcla completa.
Zanjón de Oxidación	8 - 36	80 - 480	0,05 - 0,3	3,000 - 6,000	10 - 30	75 - 150	75 - 95	Usado en ciudades pequeñas.
Reactor secuencial de cochada	2 - 4	100 - 300	0,04 - 0,10	2,000 - 5,000	10 - 30	-	-	El control del proceso es complicado.

+ Unidad de contacto

++ Unidad de estabilización

**Fuente.** ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO. "Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño". Pág. 451

### 3.2 Parámetros Del Sistema

- **Tiempo de retención:** El tiempo de retención es la relación expresada en horas entre el volumen y el caudal del tanque de aireación. Es función de la DBO del agua residual afluente y representa el tiempo que el sustrato introducido debe permanecer en el reactor. Se debe tener suficiente tiempo para que las bacterias asimilen la materia orgánica que contiene el agua residual. Si el tiempo de retención es muy corto no se removerá toda la materia orgánica y la DBO del efluente será alta.
- **Carga orgánica volumétrica:** La carga orgánica es el producto de la concentración de DQO o DBO por el caudal. La carga orgánica volumétrica se refiere al caudal o masa de un parámetro por unidad de volumen y por unidad de tiempo. El tiempo de retención y la carga orgánica volumétrica son dos parámetros que tienen una estrecha relación, ya que a más carga volumétrica en el reactor, el tiempo de retención será disminuido. Así mismo, para mantener un proceso estable, se debe escoger un tiempo de retención que impida salida de sustrato digerido y de las bacterias del proceso. Con tiempos de retención muy pequeños, sólo se digerirá una parte del sustrato y las eficiencias del tratamiento serán insuficiente.
- **Relación Alimento/Microorganismo (A/M):** La relación (A/M) se define como la cantidad de comida disponible por unidad de biomasa que reciben diariamente los microorganismos. Cabe anotar que la DBO no es constante durante el día; este patrón podría presentar variaciones y dentro del sistema de control del tratamiento, en algunos casos no se acierta con la carga deseada. Para una operación conveniente del sistema de lodos activados, es necesario que los microorganismos tengan la cantidad adecuada de alimento; poco o demasiado alimento causa problemas de sedimentación en el clarificador. Altos índices de A/M favorecen la sedimentación y bajos índices de A/M muestran muerte de microorganismos lo que da a entender que hay un flujo de agua muy disperso.

### 3.3 Aireación

“La aireación es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto íntimo con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella”<sup>1</sup>

En la aireación se proporciona oxígeno, se remueven sustancias volátiles productoras de olores y sabores; también se remueve el dióxido de carbono, hierro, magnesio, metano, cloro, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles.

La tasa de transferencia de oxígeno para un equipo de aireación es nominada por su fabricante para condiciones estándar y una geometría específica. El aire necesario para mantener los sólidos en suspensión es función de la concentración de los sólidos, de sus características y de la geometría del reactor.

Los equipos de aireación empleados en el tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar en tres tipos:

- Equipo de aireación difusa: conocido también como equipo de aire comprimido. En este el aire se rompe en burbujas y se dispersa a través del tanque.
- Sistema de turbina: En este el aire es dosificado
- Sistema de aireación superficial: En este un equipo se coloca en la superficie del agua ejecutando la transferencia de oxígeno mediante turbulencia superficial y aspersión del agua.

### 3.4 Vertimiento

Se considera vertimiento a la descarga de un residuo líquido en un cuerpo de agua o alcantarillado. La contaminación de un cuerpo de agua depende del tamaño y calidad del vertimiento así como del tamaño de la fuente y su capacidad de asimilación. En Colombia las aguas residuales terminan su rumbo en los cuerpos hídricos cuya calidad se ve afectada principalmente por los vertimientos no

<sup>1</sup> ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO. *“Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño”*. Pág. 375

controlados provenientes del sector agropecuario, doméstico e industrial. “Los vertimientos de aguas residuales de los centros urbanos se estiman en 67 m<sup>3</sup>/s donde Bogotá representa el 15%, Antioquia 13%, Valle del Cauca 10% y los demás departamentos están por debajo del 5%”<sup>2</sup>. En la tabla 2 se indican los criterios del decreto 1594 de 1984 el cual era el vigente para la época del estudio y que ha sido derogado y actualizado según la resolución 631 de 2015 del MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

**Tabla 2.** Norma de calidad para el vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua.

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
PH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	40°C	40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80% en carga	Remoción >80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción >50% en carga	Remoción >80% en carga
<b>Demanda bioquímica de oxígeno:</b>		
Para desechos domésticos	Remoción >30% en carga	Remoción >80% en carga
Para desechos industriales	Remoción >20% en carga	Remoción >80% en carga

**Fuente:** Decreto 1594 de 1984. Capítulo VI artículo 72

<sup>2</sup> Ministerio del medio ambiente. CONPES (consejo nacional de política económica y social). “Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional del manejo de aguas residuales”.

## Capítulo IV

### Metodología

El desarrollo del trabajo incluye trabajo de campo, de laboratorio y el análisis de los datos obtenidos. Debido a que no se dispone de ningún plano o memoria de cálculo ni de especificaciones técnicas o manuales de funcionamiento, se realizó un inventario físico de toda la planta de tratamiento de aguas residuales. En esta etapa se hizo una visita personal a la planta, se tomaron fotografías de cada una de las unidades, se observó cada una de sus características, se elaboró un diagrama general resumido del proceso y se definió el estado en que se encuentran los componentes.

Luego se realizó la caracterización de aguas residuales. La primera etapa del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, consiste en la determinación cuantitativa y cualitativa de las características del agua. Esta es una de las tareas importantes si se considera que tanto el caudal como las concentraciones de los constituyentes del residuo varían con el tiempo. Más aún, es necesario no solo establecer la caracterización actual del residuo sino también proyectar sus características futuras durante el periodo de proyección de la planta de tratamiento. Para realizar la caracterización del afluente y efluente de la PTAR, se ejecutaron aforos y muestras compuestas de 24 horas durante siete días de operación para el análisis de pH, conductividad, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, turbidez, cloruros, NTK, fosforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, sulfatos, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes totales.

Seguidamente se hizo la caracterización del reactor sobre muestras compuestas ensayadas en el laboratorio y se formularon recomendaciones para dar cumplimiento a las normas vigentes.

## 4.1 Inventario Físico

En la figura 1 se presentó un esquema general del tratamiento. En esta se visualiza un pozo inicial con una bomba que impulsa el agua hacia el tanque de equilibrio de donde con otra bomba es impulsada el agua residual al tanque de aireación. En este existe un sistema de inyección de aire. Se observa que no existe sedimentador antes ni después del reactor, excepto por un decantador final que retiene partículas pequeñas. Aunque existe un sistema de recirculación de lodos, éste no se encuentra en funcionamiento; tampoco existe tratamiento para los lodos extraídos. Lo anterior se describe en la tabla 3.

**Tabla 3.** Componentes de la PTAR

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS	ESTADO	CONSECUENCIA
ENTRADA: ESTACIÓN DE BOMBEO EN EL ÚLTIMO POZO DE INSPECCIÓN DEL ALCANTARILLADO	Ubicada en el último pozo de inspección. Bombea las aguas hacia el tanque de equilibrio. Q= 6.3l/s H=7mca.	Se encuentra funcionando bien	
TANQUE IGUALAMIENTO CON ESTACIÓN DE BOMBEO	Cubo enterrado de concreto con un ancho de muro de 30 cm, sus dimensiones externas son de 4,60 metros de ancho con 7,60 metros de largo y una profundidad de 2,40 mts. Lámina de agua máxima de 2.10 mts, el volumen operativo de 60 m3 aprox. Dispone de dos bombas, unas válvulas de compuerta de 4" y dos cheques de compuerta de 4"	Hay una sola bomba funcionando con un caudal inconstante. El mantenimiento nulo, el encendido automático del sistema no sirve. En algunas ocasiones se coloca una motobomba, con características completamente diferentes. Las válvulas están en mal estado	El caudal enviado al tanque biológico es irregular, cambia el tiempo de retención de la PTAR, consecuencia de esto el sistema tiene una eficiencia baja en la remoción de la carga orgánica del agua. No se pueden manipular las válvulas.
REACTOR BIOLÓGICO	Esta enterrado a 4 metros de distancia del tanque de equilibrio. Volumen de operación de 97.2 m3, lámina de agua de 3 metros, borde libre de 0.5 mts, largo de 9,00 mts interno y un ancho de 4 mts, los muros perimetrales son de 30 cm en concreto	Dividido físicamente en cuatro cámaras separadas entre sí por muros de concreto de 30 cm. Las cámaras están conectadas entre sí por dos pasantes de 6" en PVC y tienen un volumen de 24.3m <sup>3</sup> . OD = 0mg/l	No permite una distribución uniforme del agua en todo el tanque. No hay condiciones aerobias en el reactor.
SOPLADORES	dos blowers marca effepizeta, tipo SCL K05-MS de 3500 rpm (60 Hz), Q=265 m3/h (ver ficha técnica en el anexo)	solo hay uno operando	Menos cantidad de oxígeno que el requerido
RED DE AIREACIÓN	Flauta en 3" de acero al carbón la cual entra a cada cámara por una tubería de 1 1/2". Cada entrada estaba controlada por una válvula de cierre rápido.	Las tuberías están deteriorada y fuera de servicio. Hay una tubería de 1" en PVC para distribuir el oxígeno de las cámaras, este oxígeno solo es enviado a las tres primeras cámaras	Distribución no uniforme del oxígeno .
RECIRCULACIÓN DE LODOS	Bomba de extracción de lodos marca siemens de 0.75 HP	No está en uso	Poca presencia de sólidos suspendidos volátiles en el proceso
DECANTADOR	Se ubica después del reactor	Esta en funcionamiento pero no separa partículas pequeñas	Las partículas grandes quedan en el último compartimiento del reactor

A continuación se ilustra con fotos cada uno de estos componentes.



**Figura 5.** Equipo de bombeo (tanque equilibrio)



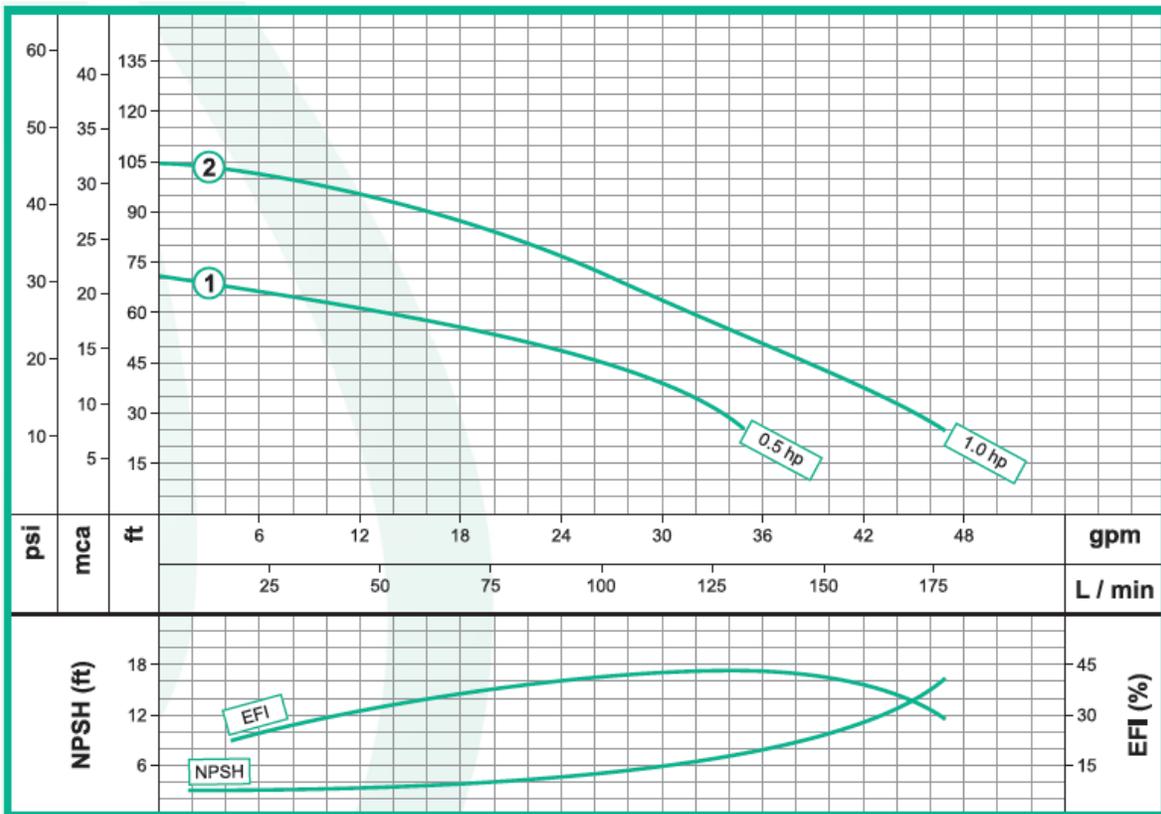
**Figura 6.** Reactor biológico.



**Figura 7.** Conexión entre los reactores.



. **Figura 8.** Blower (ver ficha técnica en el anexo).



. **Figura 9.** Curva de la bomba de recirculación de lodo



**Figura 10.** Bomba de recirculación y blower

El sistema se complementa inoculando microorganismos (MAR), un tanque de 4 litros diarios.



**Figura 11.** Decantador (ubicado al final de la PTARD)

La planta de tratamiento de aguas residuales vierte sus aguas en el lago aledaño a la urbanización, éste presenta un color típico de las zonas lacustres de la región.

## 4.2 Caracterización Del Afluente Y Efluente

Esta fase de campo se desarrolló entre el 15 y 23 de julio de 2013. Las muestras se tomaron de forma puntual en los tres sitios de muestreo: entrada. Reactor y salida de la PTAR, se preservaron para su traslado al laboratorio siguiendo la metodología de la APHA, AWWA, WEF en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater. (Tabla 4 y 5)

**Tabla 4.** Metodología para muestreo y preservación de muestras.

Determinación	Recipiente <sup>2</sup>	Vol. min. muestra, ml	Tipo de muestra <sup>3</sup>	Preservación <sup>4</sup>	Almac. máx. recomendado <sup>5</sup>	Regulación
Alcalinidad	P, V	200	S	Refrigerar	24h	14d
Coliformes	V estéril	250	S	Refrigerar, analizar lo más rápido posible.	24 h	-
DBO	P, G	1000	S	Refrigerar	6h	48 h
DQO	P, V	100	S	Analizar lo más rápido posible o adicione H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2. Refrigerar	7d	28d
Fósforo	V (A)	100	S	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente. Refrigerar	48 h	N.S.
Nitrógeno	P, V	100	s, c	Analizar tan rápido como sea posible. Refrigerar	48 h	48 h
pH	P, V	50	S	Análisis inmediato	0.25 h	-
Sólidos	P, V	200	S	Refrigerar	7 d	2-7 d
Temperatura	P, V	-	S	Análisis inmediato	0.25 h	0.25 h

**Fuente.** Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 5.** Metodología para el análisis en laboratorio de las muestras tomadas en campo.

PARAMETROS	METODO	METODO ESTANDAR
Temperatura	Electrométrico	SM 2550B
pH	Electrométrico	SM 4500-H <sup>+</sup> B
Alcalinidad Total	Volumétrico	SM 2320 B
Sólidos Totales	Gravimétrico	SM 2540-B
DBO5	Winkler, Incubación 5 días	SM 5210 B
DQO	Reflujo Abierto	SM 5220 B
Fósforo Total	Fotométrico	IE-71
Nitrógeno Total	Fotométrico	IE 124
Coliformes Fecales	NMP	IE-69
Coliformes Totales	NMP	IE-68

**Fuente.** Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Los resultados de los análisis se muestran en las tablas 6 a 19.

**Tabla 6.** Datos obtenidos el 15 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/15/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
10:10	31,9	7,15	2,01
11:10	32,00	7,16	1,99
12:10	32,1	7,24	1,79
13:10	32,2	6,95	1,83
14:10	32,0	6,98	1,86
15:10	32,0	7,1	1,81
16:10	31,9	7,14	1,84
17:10	31,9	7,11	1,87
<b>Promedio</b>	<b>32,00</b>	<b>7,10</b>	<b>1,88</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/15/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
10:00	31,40	7,10	2,17
<b>Promedio</b>	<b>31,40</b>	<b>7,10</b>	<b>2,17</b>

SALIDA PTARD			
7/15/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
10:05	31,20	7,26	2,11
11:05	31,90	7,09	2,12
12:05	32,20	7,04	2,18
13:05	32,30	7,03	2,10
14:05	32,30	7,03	2,05
15:05	32,30	7,04	2,05
16:05	32,30	7,06	2,06
17:05	32,00	7,08	2,10
<b>Promedio</b>	<b>32,06</b>	<b>7,08</b>	<b>2,10</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 7.** Datos obtenidos el 16 de julio de 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/16/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
09:00	32,20	7,21	2,33
10:00	32,20	7,20	2,21
11:00	32,00	7,22	2,01
12:00	32,10	7,17	1,91
13:00	32,10	7,13	1,82
14:00	32,20	7,11	1,84
15:00	32,10	7,11	1,81
16:00	32,00	7,16	1,80
17:00	32,10	7,18	1,82
<b>Promedio</b>	<b>32,11</b>	<b>7,17</b>	<b>1,95</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/16/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
11:00	32,40	7,39	2,02
<b>Promedio</b>	<b>32,40</b>	<b>7,39</b>	<b>2,02</b>

SALIDA PTARD			
7/16/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
09:05	32,0	7,4	2,1
10:05	32,1	7,5	2,0
11:05	32,0	7,5	2,0
12:05	32,0	7,4	2,0
13:05	32,1	7,5	2,0
14:05	32,0	7,5	2,0
15:05	31,8	7,4	2,0
16:05	32,0	7,3	2,0
17:05	31,7	7,3	2,0
<b>Promedio</b>	<b>32,0</b>	<b>7,4</b>	<b>2,0</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 8.** Datos obtenidos el 17 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/17/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
14:00	32,20	7,15	2,15
15:00	32,00	7,13	2,15
16:00	31,90	7,14	2,15
17:00	32,10	7,15	2,14
<b>Promedio</b>	<b>32,05</b>	<b>7,14</b>	<b>2,15</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/17/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
15:10	32,00	7,01	1,94
<b>Promedio</b>	<b>32,00</b>	<b>7,01</b>	<b>1,94</b>

SALIDA PTARD			
7/17/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
14:05	32,00	7,26	1,92
15:05	32,00	7,19	1,93
16:05	31,80	7,18	1,92
17:05	31,90	7,16	1,93
<b>Promedio</b>	<b>31,93</b>	<b>7,20</b>	<b>1,93</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 9.** Datos obtenidos el 18 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/18/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:00	32,10	7,23	2,52
09:00	32,10	7,22	2,44
10:00	32,40	7,18	2,04
11:00	32,30	7,13	1,78
12:00	31,90	7,20	1,64
13:00	32,40	7,17	1,64
14:00	32,30	7,19	1,65
15:00	32,30	7,15	1,64
16:00	32,10	7,11	1,65
<b>Promedio</b>	<b>32,21</b>	<b>7,18</b>	<b>1,89</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/18/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
13:00	32,20	7,16	2,09
<b>Promedio</b>	<b>32,20</b>	<b>7,16</b>	<b>2,09</b>

SALIDA PTARD			
7/18/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:05	32,10	7,48	1,96
09:05	32,20	7,51	1,95
10:05	32,30	7,37	2,07
11:05	32,20	7,32	2,12
12:05	32,80	7,26	2,13
13:05	32,20	7,24	2,14
14:05	32,10	7,25	2,14
15:05	32,20	7,24	2,13
16:05	32,00	7,23	2,14
<b>Promedio</b>	<b>32,23</b>	<b>7,32</b>	<b>2,09</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 10.** Datos obtenidos el 19 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/19/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:00	31,90	7,25	2,24
09:00	31,90	7,29	2,09
10:00	32,00	7,25	1,91
11:00	32,20	7,19	1,71
12:00	31,90	7,07	1,60
13:00	31,90	7,08	1,58
<b>Promedio</b>	<b>31,97</b>	<b>7,19</b>	<b>1,86</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/19/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
12:00	32,10	7,15	1,93
<b>Promedio</b>	<b>32,10</b>	<b>7,15</b>	<b>1,93</b>

SALIDA PTARD			
7/19/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:05	32,10	7,17	2,14
09:05	32,00	7,17	2,13
10:05	31,90	7,09	2,06
11:05	32,00	7,07	2,02
12:05	32,00	7,13	1,99
13:05	32,00	7,15	1,99
<b>Promedio</b>	<b>32,00</b>	<b>7,13</b>	<b>2,06</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 11.** Datos obtenidos el 22 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/22/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
09:00	32,00	7,20	2,50
10:00	32,30	7,20	2,15
11:00	31,80	7,28	1,69
12:00	31,20	7,30	1,38
13:00	30,40	6,99	1,19
14:00	30,30	7,03	1,38
15:00	30,80	7,09	1,58
16:00	31,00	7,12	1,64
17:00	31,00	7,12	1,69
<b>Promedio</b>	<b>31,20</b>	<b>7,15</b>	<b>1,69</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/22/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
14:00	31,40	7,16	1,99
<b>Promedio</b>	<b>31,40</b>	<b>7,16</b>	<b>1,99</b>

SALIDA PTARD			
7/22/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
09:05	32,10	7,59	1,99
10:05	32,10	7,84	1,93
11:05	31,90	7,57	1,99
12:05	31,60	7,34	2,04
13:05	31,00	7,30	2,04
14:05	31,60	7,28	2,04
15:05	31,70	7,17	1,96
16:05	31,60	7,17	1,94
17:05	31,50	7,16	1,95
<b>Promedio</b>	<b>31,68</b>	<b>6,57</b>	<b>1,99</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 12.** Datos obtenidos el 23 julio 2013 en la entrada, reactor y en la salida.

ENTRADA PTARD			
7/23/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:00	31,30	7,29	2,34
09:00	31,40	7,30	2,24
<b>Promedio</b>	<b>31,35</b>	<b>7,30</b>	<b>2,29</b>

REACTOR BIOLÓGICO (MODULO IV)			
7/23/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
09:00	31,4	7,06	1,82
<b>Promedio</b>	<b>31,40</b>	<b>7,06</b>	<b>1,82</b>

SALIDA PTARD			
7/23/2013			
Hora	Temperatura	pH	Conductividad
	°C	Unidades	mS/cm
08:05	31,40	7,16	1,93
09:05	31,50	7,16	1,93
<b>Promedio</b>	<b>31,45</b>	<b>7,16</b>	<b>1,93</b>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 13.** Resultados PTARD Julio 15 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			15/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			187808	187810	187809
AGUA	Temperatura	°C	32,0	31,4	32,0
	pH	Unidades	7,10	7,10	7,08
	Conductividad	µS/cm	1,87	2,17	2,10
	Salinidad	‰	0,9	1,1	1,1
	DB05	mgO <sub>2</sub> /L	231,0	84,6	91,8
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	411,0	121,0	176,0
	SST	mg/L	296	64	64
	S.Sedimentables	mg/L	4,0	0,4	0,1
	Turbidez	NTU	224,0	51,1	31,0
	Nitrogeno Amoniacal	mg/L	27,02	24,84	26,35
	Nitratos	mg/L	1,21	0,76	0,73
	NKT	mg/L	15,48	7,80	5,90
	Fosforo Total	mg/L	0,41	0,90	3,03
	Cloruros	mg/L	201,0	188,5	160,0
	Sulfatos	mg/L	349,6	358,5	388,4
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,7x10 <sup>8</sup>	1,6x10 <sup>6</sup>	1,4x10 <sup>6</sup>
Coliformes Totales	NMP/100mL	9,2x10 <sup>7</sup>	2,2x10 <sup>6</sup>	5,4x10 <sup>6</sup>	

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 14. Resultados PTARD Julio 16 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			16/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			187841	187843	187842
AGUA	Temperatura	°C	32,1	32,4	32,0
	pH	Unidades	7,17	7,39	7,42
	Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1,95	2,02	2,02
	Salinidad	‰	1,0	1,0	1,0
	DB05	$\text{mgO}_2/\text{L}$	103,8	84,0	62,7
	DQO	$\text{mgO}_2/\text{L}$	212,0	208,0	163,0
	SST	$\text{mg}/\text{L}$	92	39	52
	S.Sedimentables	$\text{mg}/\text{L}$	<0,1	<0,1	<0,1
	Turbidez	NTU	61,8	26,6	34,8
	Nitrogeno Amoniacal	$\text{mg}/\text{L}$	18,12	25,18	26,61
	Nitratos	$\text{mg}/\text{L}$	0,97	0,67	0,72
	NKT	$\text{mg}/\text{L}$	15,87	13,07	8,49
	Fosforo Total	$\text{mg}/\text{L}$	1,19	0,40	0,32
	Cloruros	$\text{mg}/\text{L}$	186,5	180,5	174,5
	Sulfatos	$\text{mg}/\text{L}$	412,6	341,6	389,4
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	$4,6 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$	$9,4 \times 10^5$
	Coliformes Totales	NMP/100mL	$7,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$	$7,0 \times 10^6$

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 15. Resultados PTARD Julio 17 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			17/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			187890	187892	187891
AGUA	Temperatura	°C	32,1	32,0	31,9
	pH	Unidades	7,14	7,01	7,20
	Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2,15	1,94	1,92
	Salinidad	‰	1,1	1,0	1,0
	DB05	$\text{mgO}_2/\text{L}$	138,0	91,7	53,7
	DQO	$\text{mgO}_2/\text{L}$	242,0	231,0	188,0
	SST	$\text{mg}/\text{L}$	96	58	41
	S.Sedimentables	$\text{mg}/\text{L}$	0,6	0,1	0,1
	Turbidez	NTU	88,6	62,0	38,40
	Nitrogeno Amoniacal	$\text{mg}/\text{L}$	27,85	28,56	22,47
	Nitratos	$\text{mg}/\text{L}$	0,65	0,72	0,64
	NKT	$\text{mg}/\text{L}$	9,67	<1,4	6,53
	Fosforo Total	$\text{mg}/\text{L}$	0,36	0,35	1,1
	Cloruros	$\text{mg}/\text{L}$	190,0	163,0	148,5
	Sulfatos	$\text{mg}/\text{L}$	411,1	348,9	370,4
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	$1,1 \times 10^7$	$5,4 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$
	Coliformes Totales	NMP/100mL	$1,7 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 16. Resultados PTARD Julio 18 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			18/07/13		
			Entrada	Reactor (Módulo IV)	Salida
			187900	187902	187901
AGUA	Temperatura	°C	32,2	32,2	32,2
	pH	Unidades	7,18	7,16	7,32
	Conductividad	µS/cm	1,89	2,09	2,09
	Salinidad	‰	0,9	1,1	1,1
	DB05	mgO <sub>2</sub> /L	163,8	89,1	88,2
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	278,0	237,0	178,0
	SST	mg/L	124	70	36
	S.Sedimentables	mg/L	2,0	<0,1	<0,1
	Turbidez	NTU	89,3	46,6	32,9
	Nitrogeno Amoniacal	mg/L	25,51	29,92	26,61
	Nitratos	mg/L	1,0	0,72	0,64
	NKT	mg/L	8,93	10,0	8,27
	Fosforo Total	mg/L	0,48	0,32	0,57
	Cloruros	mg/L	179,5	184,0	210,0
	Sulfatos	mg/L	390,4	367,2	385,7
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	7,0x10 <sup>6</sup>	1,4x10 <sup>6</sup>	7,9x10 <sup>6</sup>
	Coliformes Totales	NMP/100mL	3,5x10 <sup>7</sup>	1,6x10 <sup>7</sup>	1,6x10 <sup>8</sup>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 17. Resultados PTARD Julio 19 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			19/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			187919	187921	187920
AGUA	Temperatura	°C	31,9	32,1	32,0
	pH	Unidades	7,19	7,15	7,13
	Conductividad	µS/cm	1,85	1,93	2,06
	Salinidad	‰	1,1	1,0	1,0
	DB05	mgO <sub>2</sub> /L	198,6	92,7	91,5
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	316,0	248,0	212,0
	SST	mg/L	144	78	39
	S.Sedimentables	mg/L	3,5	0,1	<0,1
	Turbidez	NTU	89,6	52,9	28,6
	Nitrogeno Amoniacal	mg/L	29,77	32,12	35,01
	Nitratos	mg/L	0,60	0,85	0,69
	NKT	mg/L	10,49	7,52	2,79
	Fosforo Total	mg/L	1,98	0,65	0,29
	Cloruros	mg/L	174,5	170,5	201,5
	Sulfatos	mg/L	355,6	344,4	369,6
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	2,2x10 <sup>7</sup>	4,9x10 <sup>6</sup>	2,4x10 <sup>5</sup>
	Coliformes Totales	NMP/100mL	1,6x10 <sup>8</sup>	5,4x10 <sup>7</sup>	9,2x10 <sup>6</sup>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 18.** Resultados PTARD Julio 22 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			22/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			188017	188019	188018
AGUA	Temperatura	°C	31,2	31,4	31,7
	pH	Unidades	7,15	7,16	7,38
	Conductividad	µS/cm	1,69	1,99	1,99
	Salinidad	‰	0,9	1,0	1,0
	DB05	mgO <sub>2</sub> /L	153,0	108,0	77,6
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	265	254	195
	SST	mg/L	154	76	47
	S.Sedimentables	mg/L	1,8	<0,1	<0,1
	Turbidez	NTU	88,6	49,7	36,2
	Nitrogeno Amoniacal	mg/L	18,31	35,59	34,19
	Nitratos	mg/L	0,77	0,83	0,82
	NKT	mg/L	9,13	5,73	6,35
	Fosforo Total	mg/L	0,49	0,42	1,67
	Cloruros	mg/L	138,5	204,0	182,0
	Sulfatos	mg/L	357,8	343,5	304,0
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	4,9x10 <sup>6</sup>	3,5x10 <sup>6</sup>	2,1x10 <sup>5</sup>
	Coliformes Totales	NMP/100mL	1,1x10 <sup>7</sup>	5,4x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

**Tabla 19.** Resultados PTARD Julio 23 de 2013

MATRIZ	PARÁMETROS	UNIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		
			23/07/13		
			Entrada	Reactor (Modulo IV)	Salida
			188071	188073	188072
AGUA	Temperatura	°C	31,3	31,4	31,4
	pH	Unidades	7,30	7,06	7,16
	Conductividad	µS/cm	2,29	1,82	1,93
	Salinidad	‰	1,15	0,9	1,0
	DB05	mgO <sub>2</sub> /L	119,4	74,1	52,1
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	191,0	183,5	176,0
	SST	mg/L	69	27	39
	S.Sedimentables	mg/L	0,2	<0,1	<0,1
	Turbidez	NTU	42,1	23,0	27,5
	Nitrogeno Amoniacal	mg/L	25,81	22,51	32,23
	Nitratos	mg/L	0,61	0,68	0,72
	NKT	mg/L	4,20	7,45	9,15
	Fosforo Total	mg/L	3,15	0,61	0,71
	Cloruros	mg/L	230,0	172,2	180,5
	Sulfatos	mg/L	461,2	343,2	357,5
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,4x10 <sup>7</sup>	4,9x10 <sup>5</sup>	3,3x10 <sup>5</sup>
	Coliformes Totales	NMP/100mL	2,2x10 <sup>7</sup>	1,4x10 <sup>6</sup>	7,9x10 <sup>5</sup>

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

En las figuras 12 a la 18 se ilustra prácticamente las variaciones en DBO, DQO, SST, SSED, N, P y CF según los resultados incluidos en las tablas 13 a 19, para el periodo de julio 15 al 23 de 2013.

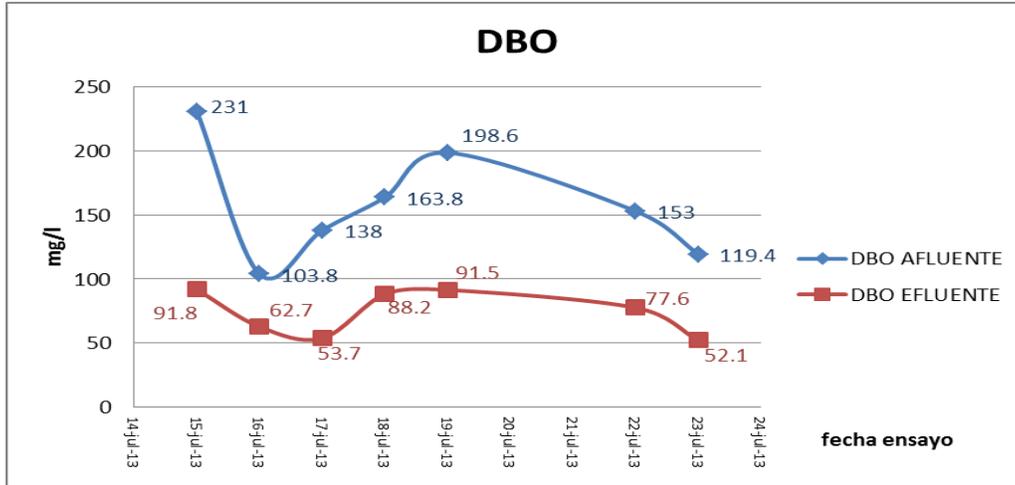


Figura 12. Comportamiento de la DBO en el afluente y el efluente

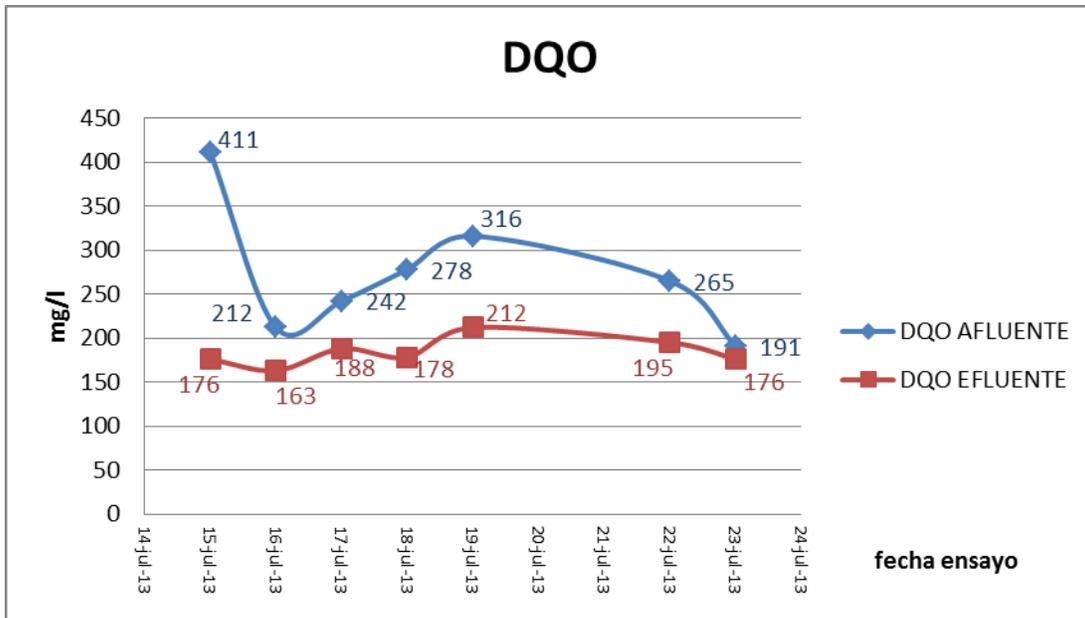


Figura 13. Comportamiento de la DQO

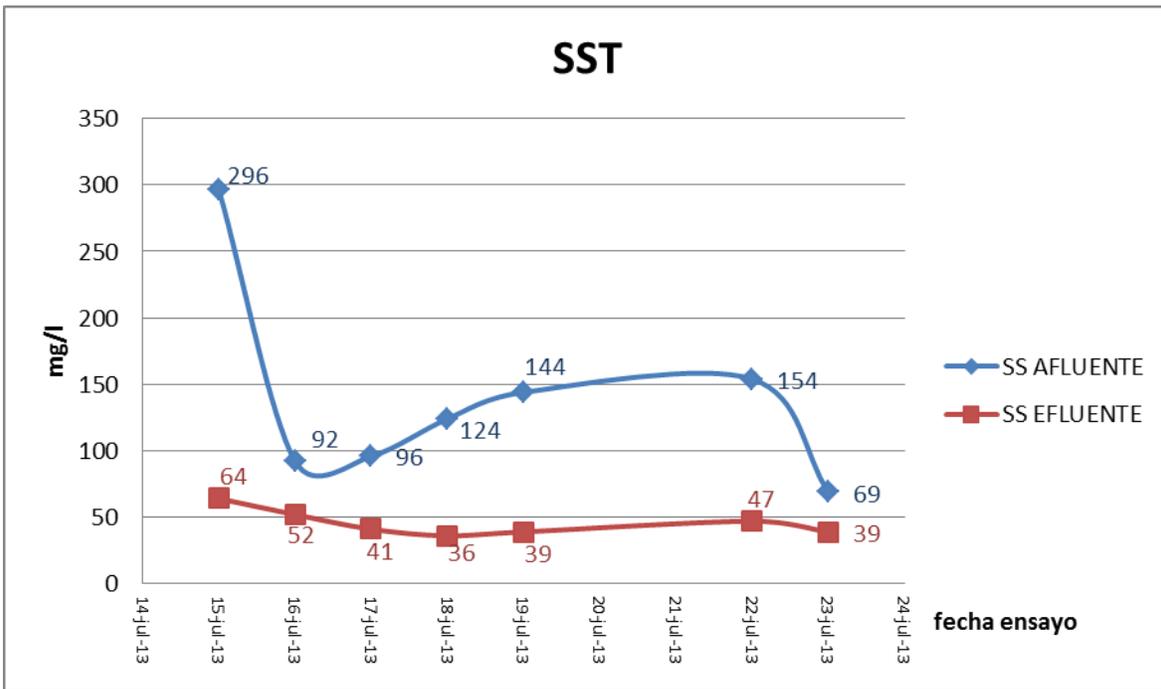


Figura 14. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales

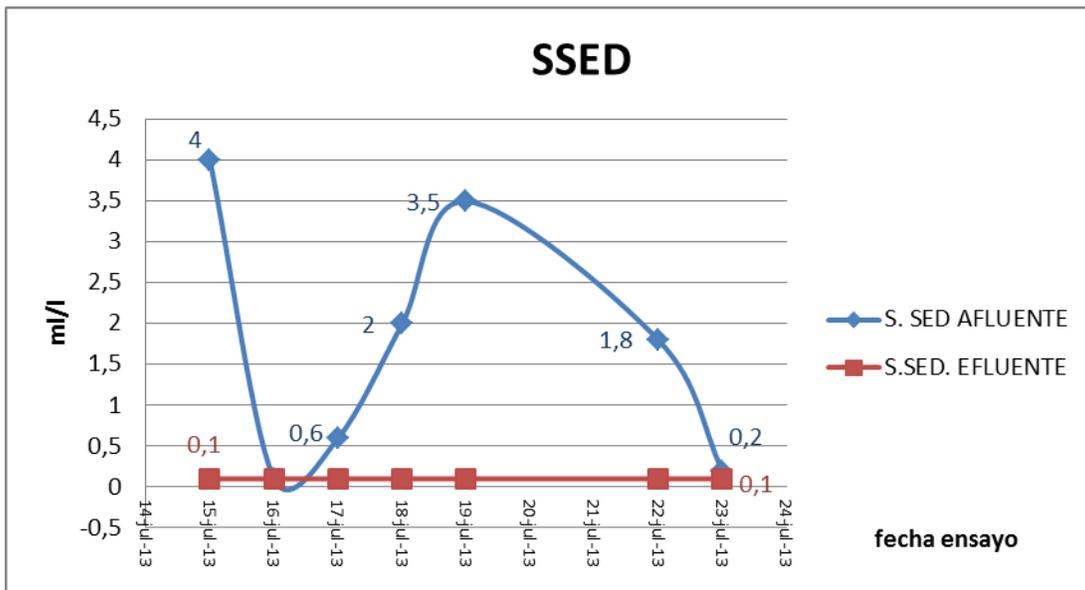


Figura 15. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales

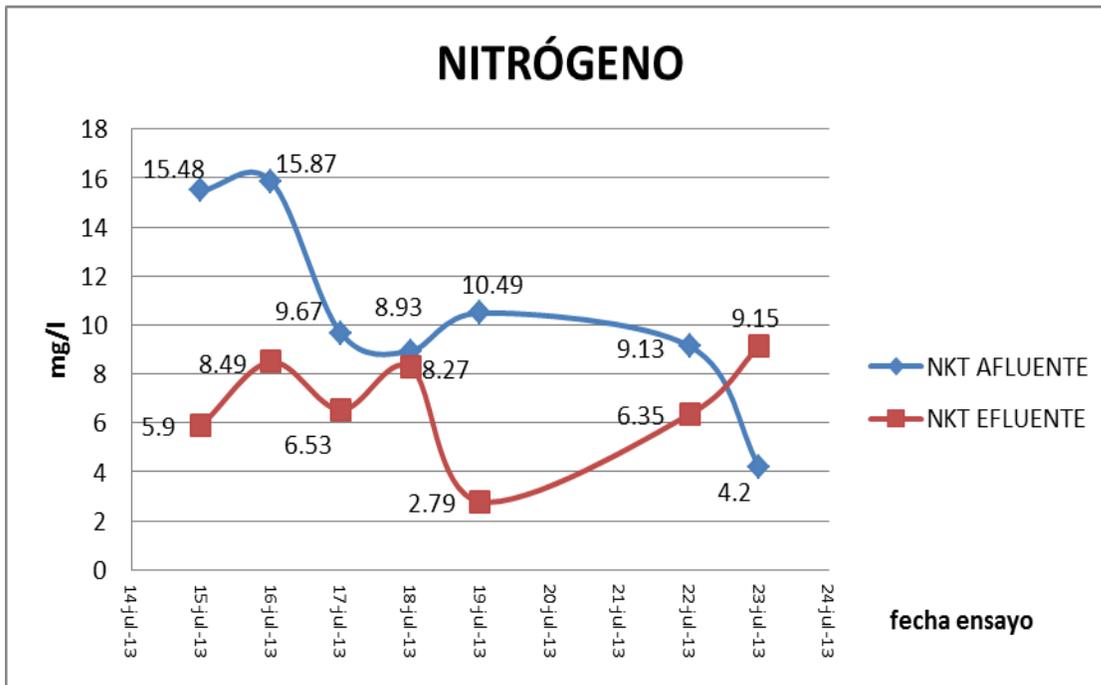


Figura 16. Comportamiento del nitrógeno

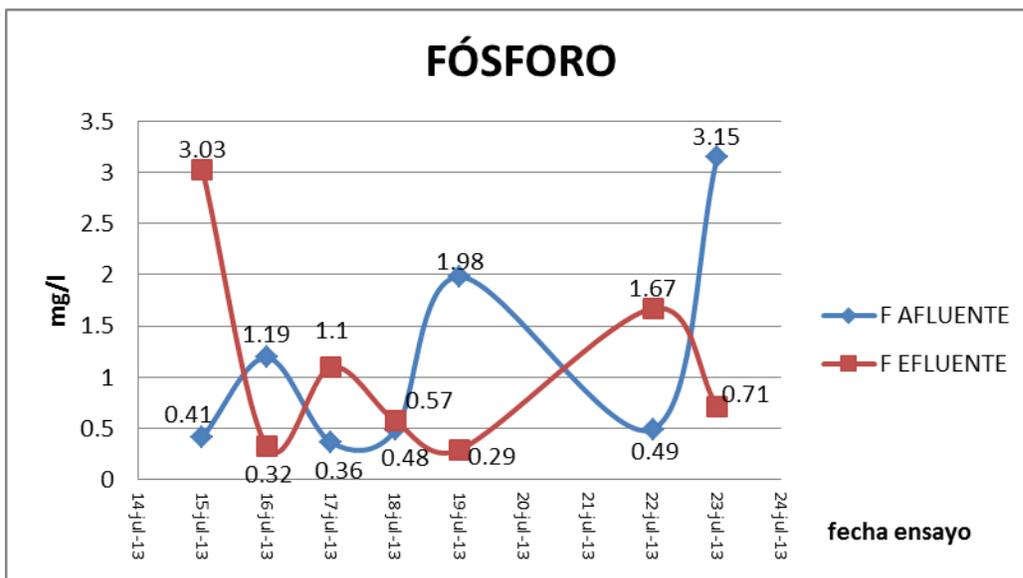


Figura 17. Comportamiento del fósforo

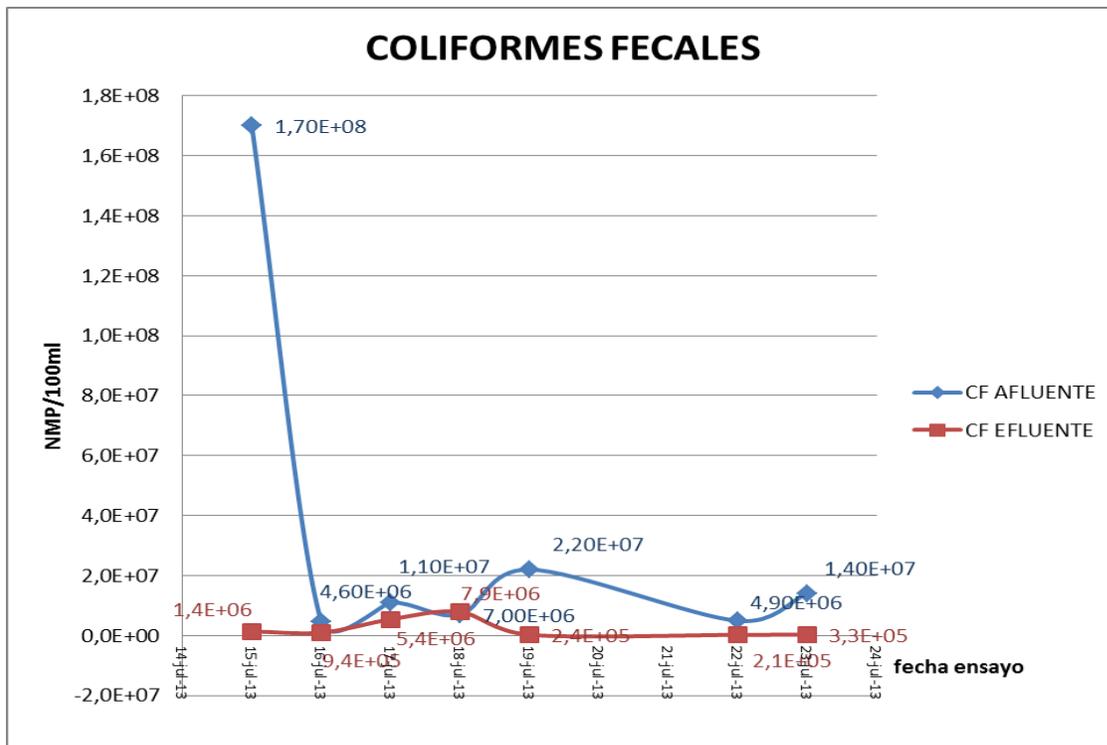


Figura 18. Comportamiento de coliformes fecales

### 4.3 Determinación Del Caudal Y Características Del Reactor

El caudal de la PTAR está definido por el sistema de bombeo ubicado en el tanque de equilibrio.

El caudal de la bomba se determinó teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre los arranques de la bomba y el cambio de la lámina de agua. Con el área del reactor y la altura medida se establecía un volumen. Con dicho volumen y el tiempo transcurrido se hallaba el caudal. Sin embargo el caudal no era constante por lo que se establece un caudal promedio de 3,5lps.

Las características de la operación del reactor se determinaron mediante ensayos en la entrada y salida, así como en cada uno de los cuatro compartimientos que lo conforman. Esta etapa fue desarrollada entre el 25 de julio y el 26 de julio de 2013, sobre muestras compuestas para un periodo de ocho (8) horas. Los resultados se presentan en las tablas 20 a 24.

Tabla 20. Resultados PTAR 25 de julio 2013.

ENTRADA PTARD				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,4	7,37	1047,00	0,0
09:30	31,7	7,06	974,00	0,0
10:30	31,4	7,14	1013,00	0,0
11:30	32,0	7,36	1116,00	0,0
12:30	32,0	7,33	1192,00	0,0
13:30	31,4	7,29	1040,00	0,0
14:30	31,7	7,24	1135,00	0,0
15:30	31,7	7,24	1079,00	0,0
16:30	31,6	7,37	1147,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,27	1082,56	0,0
REACTOR MODULO I				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,7	7,42	1152,00	0,0
09:30	31,7	7,34	1111,00	0,0
10:30	31,4	7,14	1013,00	0,0
11:30	32,0	7,36	1116,00	0,0
12:30	31,8	7,26	1088,00	0,0
13:30	31,5	7,26	1093,00	0,0
14:30	31,4	7,23	1090,00	0,0
15:30	31,5	7,24	1089,00	0,0
16:30	31,4	7,25	1093,00	0,0
PROMEDIO	31,6	7,28	1093,89	0,0
REACTOR MODULO II				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,7	7,39	1157,00	0,0
09:30	32,0	7,41	1144,00	0,0
10:30	31,4	7,14	1013,00	0,0
11:30	31,7	7,36	1121,00	0,0
12:30	32,0	7,31	1102,00	0,0
13:30	31,7	7,32	1102,00	0,0
14:30	31,3	7,30	1102,00	0,0
15:30	31,5	7,29	1097,00	0,0
16:30	31,4	7,26	1094,00	0,0
PROMEDIO	31,6	7,31	1103,56	0,0

REACTOR MODULO III				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,7	7,29	1150,00	0,0
09:30	31,8	7,28	1151,00	0,0
10:30	32,0	7,28	1150,00	0,0
11:30	31,6	7,34	1141,00	0,0
12:30	32,0	7,27	1132,00	0,0
13:30	31,7	7,29	1119,00	0,0
14:30	31,5	7,24	1114,00	0,0
15:30	31,4	7,22	1114,00	0,0
16:30	31,4	7,25	1110,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,27	1131,22	0,0
REACTOR MODULO IV				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,7	7,28	1148,00	0,0
09:30	31,9	7,28	1151,00	0,0
10:30	32,0	7,28	1150,00	0,0
11:30	31,6	7,34	1143,00	0,0
12:30	32,0	7,25	1132,00	0,0
13:30	31,7	7,29	1119,00	0,0
14:30	31,6	7,24	1114,00	0,0
15:30	31,4	7,21	1115,00	0,0
16:30	31,4	7,22	1110,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,27	1131,33	0,0
SALIDA				
25/07/2013				
Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,8	7,13	1151,00	0,0
09:30	32,0	7,15	1154,00	0,0
10:30	32,0	7,17	1154,00	0,0
11:30	31,7	7,23	1151,00	0,0
12:30	32,0	7,19	1146,00	0,0
13:30	31,6	7,23	1133,00	0,0
14:30	31,3	7,19	1133,00	0,0
15:30	31,5	7,19	1126,00	0,0
16:30	31,3	7,19	1126,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,19	1141,56	0,0

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 21. Resultados PTAR 26 de julio 2013

## ENTRADA PTARD

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	μS/cm	mg/L
08:30	31,8	7,46	1121,00	0,0
09:30	32,0	7,20	1007,00	0,0
10:30	31,2	6,99	858,00	0,0
11:30	31,7	7,28	945,00	0,0
12:30	32,2	7,35	1159,00	0,0
13:30	32,2	7,34	1090,00	0,0
14:30	31,8	7,27	1044,00	0,0
15:30	32,0	7,37	1156,00	0,0
16:30	31,6	7,34	1175,00	0,0
PROMEDIO	31,8	7,29	1061,67	0,0

## REACTOR MODULO I

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	μS/cm	mg/L
08:30	31,8	7,50	1240,00	0,0
09:30	32,0	7,43	1212,00	0,0
10:30	31,1	7,28	1122,00	0,0
11:30	31,6	7,22	1056,00	0,0
12:30	31,5	7,21	1029,00	0,0
13:30	31,7	7,23	1038,00	0,0
14:30	31,4	7,21	1035,00	0,0
15:30	31,5	7,20	1058,00	0,0
16:30	31,2	7,22	1066,00	0,0
PROMEDIO	31,5	7,28	1095,11	0,0

## REACTOR MODULO II

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	μS/cm	mg/L
08:30	32,1	7,46	1254,00	0,0
09:30	32,0	7,28	1223,00	0,0
10:30	31,9	7,30	1226,00	0,0
11:30	32,0	7,35	1140,00	0,0
12:30	31,7	7,32	1095,00	0,0
13:30	31,5	7,24	1064,00	0,0
14:30	31,5	7,25	1053,00	0,0
15:30	31,5	7,21	1049,00	0,0
16:30	31,0	7,24	1055,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,29	1128,78	0,0

## REACTOR MODULO III

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,9	7,31	1229,00	0,0
09:30	32,0	7,30	1223,00	0,0
10:30	31,8	7,30	1226,00	0,0
11:30	31,9	7,31	1196,00	0,0
12:30	31,2	7,24	1160,00	0,0
13:30	31,7	7,22	1125,00	0,0
14:30	31,8	7,27	1044,00	0,0
15:30	31,4	7,18	1081,00	0,0
16:30	31,2	7,17	1076,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,26	1151,11	0,0

## REACTOR MODULO IV

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	32,0	7,31	1229,00	0,0
09:30	32,0	7,28	1223,00	0,0
10:30	31,9	7,30	1226,00	0,0
11:30	31,9	7,30	1198,00	0,0
12:30	31,0	7,24	1158,00	0,0
13:30	31,7	7,22	1120,00	0,0
14:30	31,8	7,27	1044,00	0,0
15:30	31,4	7,17	1081,00	0,0
16:30	31,2	7,17	1076,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,25	1150,56	0,0

## SALIDA

26/07/2013

Hora	Temperatura	pH	Conductividad	O.D.
	°C	Unidades	µS/cm	mg/L
08:30	31,8	7,16	1175,00	0,0
09:30	32,0	7,21	1202,00	0,0
10:30	31,9	7,20	1216,00	0,0
11:30	31,8	7,19	1216,00	0,0
12:30	31,9	7,21	1207,00	0,0
13:30	31,6	7,17	1200,00	0,0
14:30	31,2	7,18	1099,00	0,0
15:30	31,5	7,14	1142,00	0,0
16:30	31,5	7,14	1115,00	0,0
PROMEDIO	31,7	7,18	1174,67	0,0

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 22. Resultados reactor 25 julio 2015

Matriz	Parámetros	Unidad	PTARD					
			25/07/2013					
			Entrada	Módulo I	Módulo II	Módulo III	Módulo IV	Salida
Agua	Temperatura	°C	31,7	31,6	31,6	31,7	31,7	31,7
	pH	Unidades	7,27	7,28	7,31	7,28	7,27	7,19
	Conductividad	µS/cm	1082,56	1093,89	1103,56	1131,33	1141,56	1141,56
	Salinidad	‰	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	DBO5	mgO <sub>2</sub> /L	232,2	170,4	155,4	154,0	153,0	133,8
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	275,0	263,0	193,0	190,0	182,0	141,5
	SST	mg/L	136	156	140	133	124	116
	S. Sedimentables	mL/L	0,8	0,9	0,5	0,3	0,3	<0,1
	Turbidez	NTU	105	68	77	60'	59	70
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L	34,29	44,01	32,53	35,50	38,50	37,68
	Nitratos	mg/L	1,16	0,59	0,61	0,70	0,77	0,99
	NKT	mg/L	37,63	47,37	45,86	47,49	48,49	34,21
	Fósforo Total	mg/L	3,13	0,10	<0,03	0,10	0,23	0,42
	Cloruros	mg/L	155,0	141,0	143,0	140,0	138,0	161,0
	Sulfatos	mg/L	149,0	124,4	159,0	138,0	138,0	137,0
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	4,9x10 <sup>7</sup>	4,9x10 <sup>7</sup>	1,3x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>6</sup>	3,5x10 <sup>6</sup>	7,9x10 <sup>6</sup>
Coliformes Totales	NMP/100mL	4,9x10 <sup>7</sup>	4,9x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

Tabla 23. Resultado reactor 26 julio 2015

Matriz	Parámetros	Unidad	PTARD					
			26/07/2013					
			Entrada	Módulo I	Módulo II	Módulo III	Módulo IV	Salida
Agua	Temperatura	°C	31,8	31,5	31,7	31,8	31,7	31,7
	pH	Unidades	7,29	7,28	7,29	7,28	7,25	7,18
	Conductividad	µS/cm	1061,67	1095,11	1128,78	1142,56	1150,56	1174,67
	Salinidad	‰	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
	DBO5	mgO <sub>2</sub> /L	132,3	159,8	140,1	95,2	91,2	89,4
	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	303,0	343,0	323,0	296,0	296,0	283,0
	SST	mg/L	126	220	192	190	188	176
	S. Sedimentables	mL/L	1,5	1,5	1,0	0,8	0,8	0,5
	Turbidez	NTU	122,0	139,0	112,0	100,0	100,0	91,9
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L	22,96	31,08	36,66	31,61	35,61	39,23
	Nitratos	mg/L	0,66	0,80	0,88	0,55	0,38	0,60
	NKT	mg/L	41,10	36,84	45,30	38,35	44,35	46,25
	Fósforo Total	mg/L	3,28	0,06	5,01	0,10	0,04	0,09
	Cloruros	mg/L	157,0	153,0	159,0	162,0	162,0	180,0
	Sulfatos	mg/L	137,0	145,0	141,0	145,0	143,0	195,0
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	7,9x10 <sup>6</sup>	9,2x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	1,27x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>7</sup>
Coliformes Totales	NMP/100mL	7,9x10 <sup>6</sup>	9,2x10 <sup>7</sup>	5,4x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	3,5x10 <sup>7</sup>	

Fuente. Laboratorio Triple A S.A E.S.P

## Capítulo V

### Análisis De Resultados

- **Temperatura:** Se puede observar que la temperatura del afluente y del efluente se mantuvo entre los 30°C y 32°C; es decir que satisface el criterio de < 40°C como lo establece la el decreto 1594 de 1984. Además, la temperatura presentada favorece una adecuada actividad bacteriana para el tratamiento del agua residual.

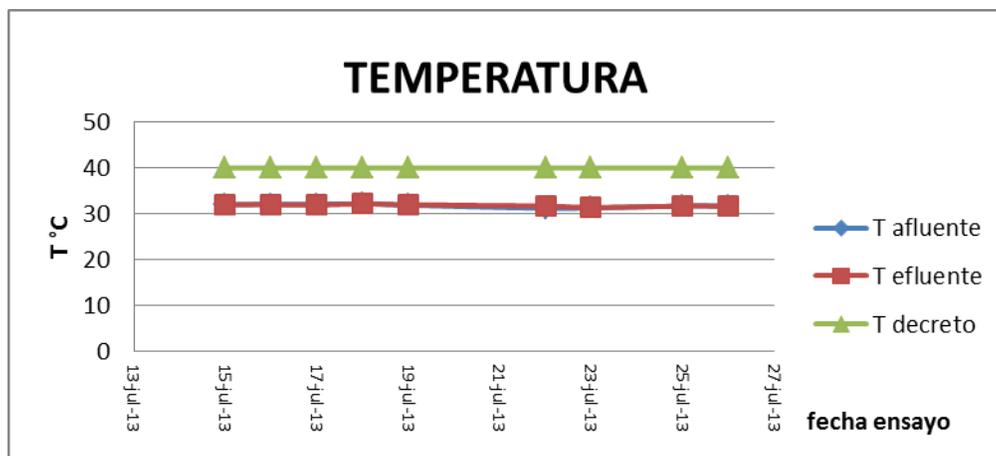


Figura 19. Comparación de temperatura con respecto al decreto 1594 de 1984

- **pH:** El decreto 1594 de 1984 requiere un valor de pH entre 5 y 9 para vertimientos. Se puede visualizar en la figura 20 que el valor de pH se mantuvo en cada medición entre 7 y 7,5.

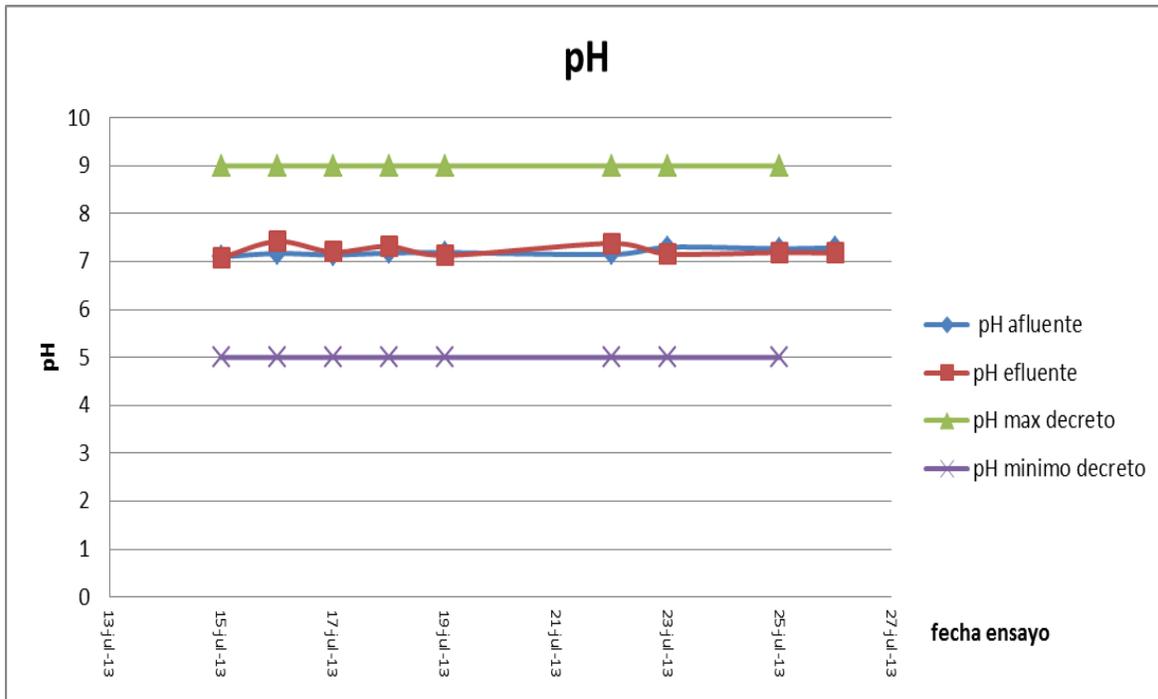


Figura 20. Comparación del pH con el decreto 1594 de 1984

- **Nitrógeno y fósforo:** Las concentraciones observadas de DBO/N/P en el afluente satisface el requerimiento típico para el tratamiento biológico de 100/5/1 respectivamente. En consecuencia no se requiere la agregación de nutrientes en la entrada del reactor.
- **Coliformes fecales:** Los coliformes fecales del afluente son mayores  $4,6 \times 10^6$  NMP/100ml y los del efluente mayores de  $2,1 \times 10^5$ .
- **DBO, DQO Y SST:** En la tabla 24 y en la figura 21 se incluyen los resultados observados de eficiencia en DBO, DQO y SST en la PTAR. Como es evidente la PTAR no satisface la norma de vertimiento del decreto 1594 de 1984.

**Tabla 24.** Eficiencias de remoción y cumplimiento con el decreto 1594 de 1984.

15 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	231	91,8	60%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	411	176	57%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	296	64	78%		X

16 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	103,8	62,7	40%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	212	163	23%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	92	39	58%		x

17 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	138	53,7	61%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	242	188	22%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	96	41	57%		X

18 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	163,8	88,2	46%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	278	178	36%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	124	36	71%		X

19 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	198,6	91,5	54%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	316	212	33%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	144	39	73%		X

22 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	153	77,6	49%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	265	195	26%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	154	47	69%		X

23 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	119,4	52,1	56%		X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	191	176	8%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	69	39	43%		X

**Tabla 25.** Eficiencia de remoción y cumplimiento con el decreto 1594 de 1984. (CONTINUACION tabla 24)

25 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	275	141	49%		X
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	232,2	133,8	42%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	135	115	15%		X
26 DE JULIO					Decreto 1594 (Usuario nuevo)	
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)	Cumple	No Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	303	283	7%		X
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O <sub>2</sub>	132,3	89,4	32%		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	125	176	-41%		X

Las remociones de DBO de la PTAR se encuentran entre el 40% y 60%, las de DQO entre 8 a 57% y los SST entre 43 y 78%, todos estos parámetros son inferiores al 80% requerido por el decreto 1594 de 1984. Como se observa en la tabla, la PTAR opera anaerobiamente y no satisface el requerimiento esencial de presencia de OD para un proceso de lodos activados

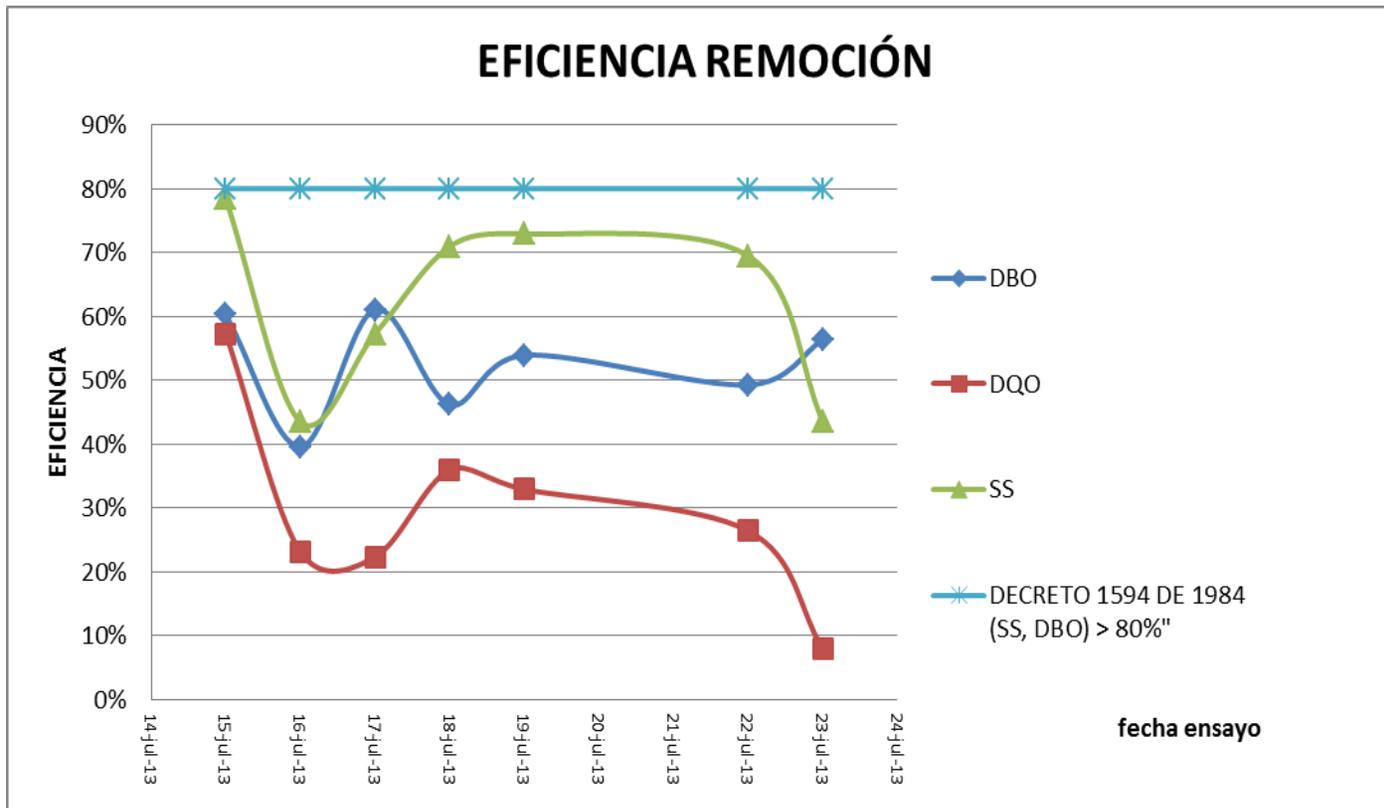


Figura 21. Eficiencia de remoción de DBO, DQO, SST

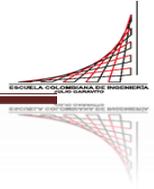
## Conclusiones

- ✚ La planta de tratamiento del complejo urbanístico Barcelona de Indias fue concebida como un proceso aerobio del tipo de lodos activados.
- ✚ El reactor biológico no opera como sistema aerobio porque la concentración de oxígeno disuelto es de 0 mg/l con la consecuente producción de malos olores.
- ✚ El caudal afluente al reactor biológico es variable cambiando el tiempo de retención y la relación alimento/microorganismo requerida para una eficiencia adecuada del tratamiento.
- ✚ Los valores de temperatura, pH, nitrógeno y fosforo total cumplen con lo establecido en el decreto 1594 de 1984. El porcentaje promedio de remoción de DBO y DQO es de 52 y 29% respectivamente, valores que no satisfacen los criterios de eficiencia de un tratamiento de lodos activados.
- ✚ La PTAR tampoco cumple la eficiencia esperada en remoción de sólidos suspendidos totales.
- ✚ Los valores de pH del afluente son adecuados para tratamiento aerobio.
- ✚ La temperatura del agua residual del afluente es mayor de 30°C, valor ventajoso para tratamiento biológico.

## Recomendaciones

La evaluación realizada permite formular las siguientes recomendaciones

1. Evaluar la capacidad del tanque de igualamiento para garantizar un caudal constante a la PTAR
1. Dotar a la PTAR de los requisitos necesarios para un proceso de lodos activados: capacidad de aireación para mantener  $OD > 2\text{mg/L}$ , capacidad de recirculación de lodos para mantener la concentración requerida de biomasa en el reactor y capacidad de mezcla suficiente para mantener el contenido del reactor biológico completamente suspendido.
2. Evaluar la aptitud del sedimentador para remoción de sólidos suspendidos con base en la carga hidráulica superficial, la carga de sólidos y el tiempo de retención.
3. Dotar a la PTAR de un operador capacitado en los conceptos de funcionamiento, control y operación de un proceso de lodos activados.
4. Realizar periódicamente revisión del efluente con el fin de verificar el cumplimiento de la normativa vigente.



## Bibliografía

<http://constructorabarajas.net/es/proyecto-barcelona-de-indias>

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. *“Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño”*. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición. 2004. Bogotá.

Decreto 1594 de 1984

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000

Manual de Contaminación Ambiental. Editorial MAPFRE, S.A.1994

Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Editorial Limusa. 1980

[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_20\\_modelos\\_de\\_reactores\\_y\\_caracteristicas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_20_modelos_de_reactores_y_caracteristicas.html)

Tratamiento de aguas residuales (flujos) - Google Libros

Anexo

Ficha Técnica Blower



**FPZ S.p.A.**  
Via F.lli Cervi 18  
20049 Concorezzo - (MB) - ITALIA  
Tel. +39 039 69 09 811  
Fax +39 039 60 41 296  
www.fpz.com

LATERAL CHANNEL BLOWERS - COMPRESSORS  
**SCL K03 / K04 / K05 / K06**

**MS SERIES - MOR RANGE**  
SN 1870-7 1/2

**TECHNICAL CHARACTERISTICS**

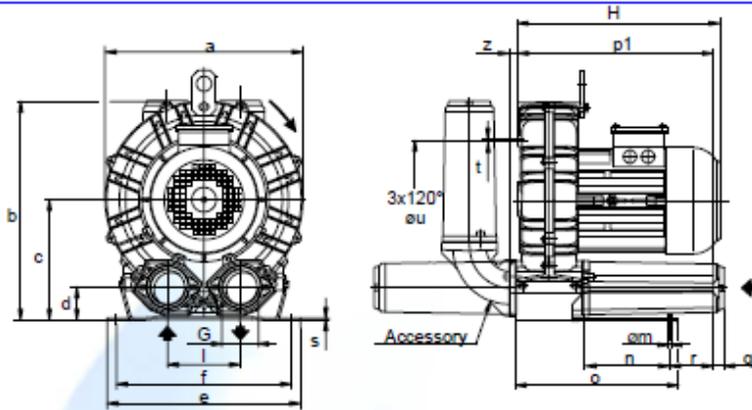
- Aluminium alloy construction
- Smooth operation
- High efficiency impeller
- Maintenance free
- Mountable in any position

**OPTIONS**

- Special voltages (IEC 38)
- Surface treatments

Possible alternative positions,  
please refer to drw SI 1835

Dimensions in mm.  
Dimensions for reference only



Model	a	b	c	d	e	f	G	l	m	n	o	p1	q	r	s	t	u	z
K03-MS	241	268	147	43	230	205	G 1" 1/4	86	10	83	142	205	18	75	4	M6	140	12
K04-MS	285	315	172	49	255	225	G 1" 1/4	102	12	95	171	222	18	70	4	M6	175	18
K05-MS	327	365	200	54	320	260	G 2"	120	15	115	265	320	18	98	4	M8	200	19
K06-MS	376	393	205	54	325	290	G 2"	125	15	140	272	334	18	85	4	M8	240	19

Model	Maximum flow m <sup>3</sup> /h		Installed power kW		Maximum differential pressure Δp hPa (mbar)		Noise level Lp dB (A) <sup>(1)</sup>		Overall dimensions H (max) mm	Weight (max) Kg
	50 Hz 2900 rpm	60 Hz 3500 rpm	50 Hz 2900 rpm	60 Hz 3500 rpm	50 Hz 2900 rpm	60 Hz 3500 rpm	50 Hz 2900 rpm	60 Hz 3500 rpm		
K03-MS	74	89	0.37	0.43	130	120	59.7	61.7	241	11.0
			0.55	0.63	180	200	60.0	62.0	241	12.0
K04-MS	137	166	0.75	0.9	140	120	62.6	64.6	282	15.8
			1.1	1.3	200	175	62.8	64.8	282	16.5
			1.5	1.75	250	250	63.0	65.0	310	19.5
K05-MS	219	265	1.1	1.3	130	100	68.2	70.2	307	22.5
			1.5	1.75	175	160	68.5	70.5	315	23.5
			2.2	2.55	270	260	68.8	70.8	345	26.5
			3.0	3.45	300	350	69.1	71.1	375	30.5
K06-MS	304	366	2.2	2.55	180	150	71.0	73.0	400	31.2
			3.0	3.45	250	220	71.3	73.3	400	32.5
			4.0	4.6	340	325	71.6	73.6	400	41.0

(1) Noise measured at 1 m distance with Inlet and outlet ports piped, in accordance to ISO 3744.

