

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

Actualmente la demanda de agua, tanto para uso doméstico como industrial es superior a la dotación, y cada día es más difícil aumentar el suministro al ritmo de la demanda, motivo por el cual se presenta la necesidad de buscar métodos apropiados para el tratamiento de aguas y su reutilización.

El conocer las ventajas de un sistema de tratamiento de aguas residuales sobre las de otro, nos dará oportunidad de realizar las modificaciones que desde el punto de vista técnico-económico y de eficiencia nos sea más benéfico e incluso para realizar nuevos diseños basándose en conocimientos firmes.

La investigación y análisis se presenta con el fin de determinar la eficiencia general de una planta de tratamiento biológico del tipo convencional contra otra de reactores biológicos de tipo secuencial intermitente (SBR), ambas tratando agua con las mismas características; además se buscará la duración de los ciclos para lograr máxima eficiencia en las distintas fases del sistema de tratamiento SBR.

Se analizaron los diferentes aspectos que determinan si un sistema de tratamiento supera o no al otro, se comparan ambos sistemas y se definen las ventajas y desventajas de uno sobre otro; posteriormente se proponen los cambios que se consideren necesarios en ambos sistemas.

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios (AIMSU) mismo lugar donde se instaló la planta piloto con reactor biológico de tipo secuencial intermitente.

I.1. Propósito General, Objetivos y Metas.

El propósito general de la investigación es comparar los procesos de tratamiento biológico del **Tipo Convencional y del Tipo Secuencial Intermitente SBR**, durante un período de tiempo suficiente para obtener la información necesaria con la cual se pueda realizar el estudio comparativo de los dos sistemas, analizando el agua que entra y sale en cada una de las plantas.

Objetivos:

- a) Realizar una investigación bibliográfica sobre otros estudios similares que se hayan realizado hasta la fecha y material de apoyo.
- b) Estudiar cada uno de los sistemas de tratamiento por investigar en cuanto a sus características de procesos y operaciones unitarias.
- c) Realizar un estudio de caracterización físico-químico del agua por tratar.
- d) Realizar y llevar a cabo un programa de análisis del agua durante el período de prueba necesario para efectuar el estudio comparativo.
- e) Hacer los estudios comparativos con los resultados y correlacionarlos para concluir sobre lo investigado.
- f) Concluir la tesis presentando el reporte final, donde se incluyen, resultados, análisis de resultados y conclusiones.

I.2. Políticas, Medios e Instrumentos.

Los análisis se realizarán en dos laboratorios: el de Agua Industrial de Monterrey S. de U. y en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil.

El equipo de laboratorio más importante utilizado:

- ◆ Espectrofotómetro
- ◆ Celdas para lectura
- ◆ Botellas Winkler
- ◆ Autoclave
- ◆ Matraces Kjendhal de 800 ml.
- ◆ Aparato Kjendhal de 8 unidades
- ◆ Potenciómetro
- ◆ Filtros de fibra de vidrio
- ◆ Turbidímetro Hellige (equipado)
- ◆ Termómetro
- ◆ Estufa
- ◆ Balanza analítica
- ◆ Tubos Nessler de 50 ml
- ◆ Embudo de filtración
- ◆ Cámara para vacío
- ◆ Crisoles
- ◆ Mufa
- ◆ Material común de laboratorio y
- ◆ Equipo complementario para análisis físico-químicos de aguas

residuales.

La planta piloto (sistema SBR) del Instituto de Ingeniería Civil se ubicará en las instalaciones de la planta de AIMSU para que opere paralelamente con la planta de tipo convencional de esta empresa.

Se utilizará el equipo de sistemas necesario para la captura de información y análisis de datos del Instituto de Ingeniería Civil.

I.3. Alcance y Limitaciones del Proyecto.

Se investigan los dos sistemas de tratamiento mediante una observación directa la cual consistirá en seguir el avance en el proceso bajo diferentes condiciones, realizando pruebas de laboratorio para cuantificar los cambios en las características del agua tratada.

Mediante una justificación precisa se podrán variar los parámetros de tratamiento cuando se considere necesario con el fin de buscar la máxima eficiencia en el sistema de tratamiento.

Los resultados serán analizados y se concluirá sobre éstos, lo más pronto posible para justificar los cambios en el sistema de tratamiento.

I.4. Marco Teórico-Metodológico.

La metodología de investigación para los análisis y pruebas corresponde a la especificada en los métodos reconocidos por las **Normas Oficiales Mexicanas** y/o por los **Métodos Estándar (APHA, AWWA, WPCF)**.

I.5. Parámetros a Considerar en el Estudio.

En el estudio comparativo del sistema de tratamiento biológico de aguas residuales del **Tipo Convencional (AIMSU)** con otro del **Tipo Secuencial Intermitente (Planta Piloto)** se consideran los siguientes parámetros:

Influente:

- * Al momento de tomar la muestra en el Influyente de Cada Planta.

- ◆ Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- ◆ Potencial Hidrógeno (pH) en unidades de pH

- * En el Laboratorio:

- ◆ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- ◆ Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- ◆ Fósforo (P)
- ◆ Nitrógeno como: N, NO_2 , NO_3 , y NH_3
- ◆ Sólidos Totales
- ◆ Sólidos Disueltos
- ◆ Sólidos Suspendidos
- ◆ Grasas y Aceites

Efluente:

- * Al momento de tomar la muestra en el Efluente de Cada Planta.

- ◆ Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- ◆ Potencial Hidrógeno (pH) en unidades de pH

- * En el Laboratorio:

- ◆ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- ◆ Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- ◆ Fósforo (P)
- ◆ Nitrógeno como: N, NO_2 , NO_3 , NH_3
- ◆ Sólidos Totales
- ◆ Sólidos Disueltos
- ◆ Sólidos Suspendidos
- ◆ Grasas y Aceites

CAPITULO II

A N T E C E D E N T E S

II. ANTECEDENTES

En las últimas décadas, el campo de la ingeniería ambiental ha evolucionado a pasos agigantados en el desarrollo de numerosos métodos y sistemas de tratamiento de aguas residuales, es por eso, que el estudio de los diferentes aspectos que se presentan en la ejecución de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales, tales como, construcción, operación y mantenimiento son la base del éxito de cualquier proceso.

Además, tan importante son los aspectos anteriores en la conjugación misma de los elementos de un sistema de tratamiento, como lo es la selección del tipo del proceso utilizado para la reducción de los complejos contaminantes, esto dependerá de la eficiencia que se alcance en el proceso seleccionado.

Los métodos de tratamiento de aguas residuales se desarrollaron en principio, como respuesta a su incidencia en la salud pública y a las condiciones adversas causadas por las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, causando un gran daño al medio ambiente. El propósito del tratamiento es acelerar las fuerzas de la naturaleza, bajo condiciones controladas, en instalaciones de tratamiento de tamaño comparativamente menor.

Los procesos biológicos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, reducen contaminantes complejos (materia orgánica) a elementos básicos tales como bióxido de carbono, agua, gases de nitrógeno y otros que no son perjudiciales para el ambiente; de manera que se utilizan para convertir la materia orgánica que se encuentra finamente dividida y disuelta en el agua residual a sólidos sedimentables floculentos que puedan separarse en tanques de sedimentación.

Los procesos más utilizados son los de lodos activados y filtros percoladores. Son varias las formas en las cuales se ordenan los procesos para dar solución a los requerimientos específicos en cada sistema de tratamiento. Dichos procesos han sido muy utilizados en su forma original así como en otras versiones modificadas aprovechando los avances tecnológicos e investigaciones recientes de un gran número de estudios que han contribuido en la cultura del tratamiento de las aguas residuales.

Los aspectos teóricos del proceso, incluyendo la microbiología, la cinética de reacción y, hasta cierto punto su funcionamiento, son la base de una aplicación práctica en el diseño, construcción y puesta en operación de un sistema completo para el tratamiento del agua.

El proceso de lodos activados es muy flexible y puede adaptarse a casi cualquier tipo de problema relativo al tratamiento biológico de aguas residuales. De ahí la importancia de lograr una conjugación precisa de cada uno de los parámetros que integran un sistema de tratamiento para alcanzar su máxima eficiencia.

Enfocando nuestro estudio a los procesos de " **tratamiento biológico con reactores del tipo convencional** " y de " **reactores biológicos del tipo secuencial intermitente** " encontraremos las ventajas de uno sobre el otro para así, comparar su eficiencia general en el tratamiento, con lo que se concluirá en una forma concisa.

CAPITULO III

TERMINOS COMUNES USADOS EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

III. TERMINOS COMUNES USADOS EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

III.1. *Oxígeno Disuelto (OD)*

Es la cantidad de Oxígeno Disuelto en las aguas, expresada en mg de O₂/l. Corresponde a la cantidad de oxígeno transferido en el tanque de aireación, teóricamente igual a la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos en un sistema de lodos activados (incluido hasta los clarificadores secundarios y las líneas de retorno de lodos) para oxidar la materia orgánica y para mantener un residual de oxígeno disuelto necesario para los niveles de operación. Cuando el oxígeno limita el crecimiento de microorganismos, organismos filamentosos pueden predominar en el lodo por lo que la sedimentación y la calidad del lodo activado puede ser muy deficiente. En la práctica, la concentración del oxígeno disuelto en el tanque de aireación debe ser mantenido entre 1.5 y 4 mg/l. en toda el área del tanque; un valor común usado es de 2 mg/l. Valores mayores de 4 mg/l no mejoran la operación significativamente, pero si aumentan los costos de operación.

III.2. *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*

Es la cantidad de oxígeno en mg/l, necesarios para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. La DBO última es la suma del Oxígeno consumido para que la reacción bioquímica sea completa. El perfil del oxígeno, es la representación gráfica del contenido de oxígeno disuelto en un curso de agua en función del tiempo o de la distancia y refleja el efecto de los contaminantes oxidables vertidos sobre el contenido de oxígeno de los cursos de agua.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente usado, se aplica para aguas residuales y superficiales. Este parámetro involucra la medición del Oxígeno usado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los contaminantes se clasifican en contaminantes naturales , vegetales, animales e industriales. Son naturales los producidos por las aguas de lluvia o nieve a lo largo de su recorrido hasta llegar a los ríos, arrastrando las sales que se encuentran a su paso. Los vegetales se originan en la descomposición de las plantas existentes, en los cauces de agua, así como a partir de aquéllos, que, por motivos atmosféricos llegan a esos cauces. Los animales están representados por las excreciones, que por medios naturales o artificiales desembocan en las aguas. Entre los industriales figuran los componentes y sustancias químicas y bioquímicas que la industria vierte en las aguas.

Los métodos de ensayo en el laboratorio determinan la concentración de oxígeno, en mg/l, necesaria para la descomposición por acción bacteriana de la materia orgánica de la muestra.

Valores Típicos de DBO

Alcantarillado Doméstico:

Promedio	240 mg/l
Débil	menor que 100 mg/l
Fuerte	mayor que 400 mg/l

Aguas Residuales Industriales:

Típicamente entre 5000 y 100,000 mg/l y mayores

La concentración de las aguas residuales industriales es específica del lugar de origen. Además la concentración en los residuos domésticos depende grandemente

del uso del agua. La infiltración en los sistemas diluirá la concentración. Al ser transportada o almacenada en tanques reguladores, producirá una reducción bastante fuerte.

III.3. *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

Es la cantidad de oxígeno, en mg/l, necesaria para oxidar los componentes de un agua residual recurriendo a las reacciones puramente químicas. Los componentes de la muestra están constituidos por materia orgánica o inorgánica oxidable.

La prueba de DQO es comúnmente usada en aguas residuales industriales que son tóxicas para las bacterias. El tiempo para ejecutar la prueba es de 2 a 3 horas en lugar de los 5 días requeridos para la DBO.

Los resultados de la prueba de DQO son generalmente mayores que los de la correspondiente prueba de DBO. Esto es porque los químicos fuertes pueden reaccionar con más compuestos en las aguas residuales que lo que podrían las bacterias en la mayoría de los casos.

La DQO es generalmente dos veces el valor de la DBO en aguas residuales domésticas. La relación entre la DQO y la DBO es un buen indicador de la biodegradabilidad de las aguas residuales; especialmente importante en la aplicación de bio-sistemas a aguas residuales.

Entre más se aproxime la relación DBO/DQO a uno, mayor será la biodegradabilidad de las aguas residuales y por lo tanto más fácil su tratamiento por sistemas biológicos.

Ejemplo:

$\frac{DBO}{DQO} = 0.4 \text{ a } 0.6$	Rápidamente Biodegradable.
$\frac{DBO}{DQO} = 0.1 \text{ a } 0.3$	La Biodegradabilidad es cuestionable y requiere de pruebas de laboratorio, estudios de tratabilidad en plantas piloto.

III.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los Sólidos Suspendidos Totales se determinan mediante una prueba física en donde una muestra se filtra por medio de un filtro fino mediano (0.45 micras). El peso de la muestra retenida en el filtro corresponde a los SST, usualmente medido en mg/l. En la mayoría de los casos en el efluente el valor de los SST se aproxima al valor de la DBO en valores de aproximadamente 20-30 mg/l. Si el efluente tiene un valor de SST mayor de 30 mg/l, la DBO por lo regular también será mayor.

Una muestra de aguas residuales con un valor de SST de 20 a 30 mg/l, tendrá una apariencia clara, y se verá transparente cuando se ve a través de la luz.

Otra forma de cuantificar la materia orgánica en el agua residual, es mediante la prueba de Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

Los Sólidos Suspendidos Volátiles se usan comúnmente como una medida de la cantidad de bacterias en el Licor Mezclado del Reactor. La prueba específica se identifica como Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezclado (SSVLM).

Los microorganismos en un proceso de lodos activados usan el oxígeno de acuerdo a como ellos consumen la comida. La velocidad a la cual ellos usan el oxígeno

puede ser tomado como una medida de la actividad biológica. Una rápida utilización del oxígeno indica una alta actividad biológica; así como, una lenta utilización de oxígeno indica una baja actividad biológica. El valor de la velocidad de utilización del oxígeno se obtiene tomando una muestra de licor mezclado saturado con OD, y con un medidor de oxígeno se toma el decremento de OD con respecto al tiempo. Los resultados normalmente son reportados como $\text{mg O}_2/\text{L} \cdot \text{min}$ o $\text{mg O}_2/\text{L} \cdot \text{hora}$.

Valores Típicos de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

De Origen Doméstico	=	240	mg/l
SSVLM para Lodo Activado		1500 a 3500	mg/l

De Origen Industrial

Extremadamente variables y de aplicación específica.

Es importante remarcar que una alta concentración de SSVLM es deseable ya que esto implica que la biomasa activa estará presente en la misma proporción y hábil para tratar altas concentraciones de materia orgánica.

Lo más importante en un alto contenido de SSVLM es el reordenamiento. Lográndose pobres separaciones entre líquido/sólido regularmente experimentados en concentraciones de SSVLM mayores de 5,000 mg/l.

III.5. *Nutrientes*

La remoción biológica de nutrientes del agua residual antes de descargarla a cualquier cuerpo receptor, está siendo requerida cada día más frecuentemente, debido a que ambos, nitrógeno y fósforo pueden impactar notablemente en la calidad del agua.

Los nutrientes de mayor importancia son:

- III.5.1. Carbón (DBO)
- III.5.2. Nitrógeno como Amoníaco, Nitrógeno Orgánico, Nitritos y Nitratos.
- III.5.3. Fósforo (P total)

III.5.1. Carbón

Otras formas de medir la materia orgánica presente en el agua es mediante la prueba de Carbón Orgánico Total (COT), la cual es especialmente aplicable para pequeñas concentraciones de materia orgánica.

III.5.2. Nitrógeno

El Nitrógeno puede presentarse en muchas formas en el agua residual así como, las numerosas transformaciones que se pueden dar en el tratamiento.

El Alcantarillado doméstico crudo típicamente contiene las siguientes concentraciones:

- Amoníaco de 20 a 30 mg/l
- Nitrógeno Orgánico de 10 a 15 mg/l
- Nitrato menor que 1.0 mg/l

La suma de amoníaco y nitrógeno orgánico se llama **NTK** o **Nitrógeno Total Kjeldahl**. El nitrógeno orgánico se convertirá biológicamente en amonio durante la aeración.

Por lo anteriormente expuesto, valores típicos de **NTK** entre 30 y 45 mg/l son encontrados en aguas residuales de origen doméstico.

El Proceso de convertir amoníaco a nitrato se llama **NITRIFICACION**, y requiere del cultivo de bacterias especializadas más que aeróbicas sensitivas conocidas

como **nitrificadoras**. La concentración libre de oxígeno disuelto deberá mantenerse por arriba de 2 mg/l para que los nitrificadores funcionen.

Es importante notar que el proceso de nitrificación por sí mismo no remueve el nitrógeno del sistema. La Nitrificación estabiliza (oxida) el amoníaco y el NTK a nitrato lo cual nos creará una demanda de oxígeno inmediata en las aguas que se reciben. El Nitrato sin embargo, es un fertilizante y puede promover el crecimiento de algas las cuales finalmente mueren y como consecuencia de esto todavía crea una demanda de oxígeno por medio del proceso de descomposición. Con el fin de remover el nitrógeno del sistema, el nitrato debe ser removido por medio del proceso biológico conocido como **DESNITRIFICACION**.

En la **DESNITRIFICACION** es necesario provocar un estado anóxico; ausencia de oxígeno libre disuelto, donde los nitratos están presentes. Proceso que utiliza bacterias para convertir (reducir) nitratos a gas nitrógeno y como consecuencia quitan nitrógeno del sistema. La concentración de oxígeno disuelto debe estar cercano a cero para que la desnitrificación ocurra. El proceso de desnitrificación no es tan sensitivo para desordenarse como lo es la nitrificación.

Es importante notar que la Nitrificación debe de ocurrir antes que la Desnitrificación, ya que los nitratos deben estar presentes.

El Nitrógeno (preferentemente Amoníaco) es necesario para el crecimiento de bacterias y debe ser mantenido aproximadamente en una relación de 1/20 con la concentración de la DBO en aguas residuales.

Ejemplo: Influyente Industrial DBO = 2,000 mg/l

Amoníaco Requerido = 100 mg/l

Si no se encuentra disponible suficiente amoníaco, éste deberá ser aumentado para mantener una mezcla saludable para las bacterias.

III.5.3. Fósforo

El Fósforo se presenta naturalmente en aguas residuales domésticas en una concentración cercana a 10 mg/l como **Fósforo (P)**.

Es importante conocer la concentración del fósforo en sistemas de tratamiento biológico para agua residuales ya que la concentración de **Fósforo (P)** debe mantenerse en una relación de 1/100 del valor del carbón (DBO).

Ejemplo: Aguas Residuales Industriales **DBO** = 2,000 mg/l

Mínima concentración deseada de **P** = 20 mg/l

La remoción del fósforo en sistemas de tratamiento biológicos ocurre vía bio-absorción en crecimiento normal, y un fenómeno conocido como "absorción excesiva" que se presenta, cuando la bacteria previamente sometida a un estado anaeróbico, absorbe más fósforo que el que normalmente se requiere para el crecimiento y funciones metabólicas.

Tradicionalmente, el fósforo es removido efectivamente del reactor al agregar pequeñas cantidades de coagulante como hierro o sales de aluminio las cuales inmediatamente precipitan el fósforo, éste entonces es removido en los lodos residuales activados.

III.6. Potencial Hidrógeno pH

El potencial hidrógeno (pH) se refiere a una concentración potencial de hidrógeno y es una medida del ácido o naturales base de las aguas residuales. El número pH es un valor logarítmico de base 10.

Ejemplo: Un **incremento/disminución** de una unidad de pH indica un nuevo estado de pH diez veces más **básico/ácido**.

Los sistemas biológicos operan mejor en un pH cercano a lo neutral o sea 7.0. Una buena operación puede ser obtenida en el rango de 6.0 a 8.0, e inclusive más allá en casos especiales. Los Requerimientos del efluente usualmente varían entre 6.5 y 9.0. Por ejemplo la Lluvia ácida dañina es menor de 4.0.

Si el pH está más allá del rango entre 6.0 y 8.0, las aguas residuales deben ajustarse químicamente para satisfacer requerimientos biológicos con el fin de asegurar un proceso estable y saludable.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

IV. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

El tratamiento de las aguas residuales presupone la aplicación de procesos básicos u operaciones unitarias, cuya utilización y secuencia vienen definidas por las características del agua a tratar y el grado de depuración que se deba conseguir. La mayor parte de los procesos a utilizar están variando constantemente, existiendo en el mercado una gran variedad de equipos para un mismo proceso.

Las diferentes operaciones básicas, se clasifican según el grado de reducción de la contaminación, así como por el mecanismo del proceso, existiendo una clasificación arbitraria, pero generalmente admitida.

En este caso, ambos sistemas de tratamiento se basan en un proceso de lodos activados, por lo cual es importante el estudio de estos.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los sistemas objeto de estudio. Además las características principales de las plantas que en particular se analizan.

IV.1. PROCESO DE TRATAMIENTO AEROBIO DE CULTIVO EN SUSPENSION.

El proceso de lodos activados envuelve una interacción compleja de vida microbiológica, con bacterias como la base del micro eco-sistema. Se estimula la bacteria con aire y consume los organismos en su ambiente para crecer y reproducirse. La bacteria se reproducirá a diferentes velocidades, pero el desdoblamiento de masa puede ocurrir en sólo 20 minutos.

Existen muy diferentes tipos de bacteria y usando el proceso de aclimatación, la bacteria puede ser cultivada específicamente para residuos específicos. Esto es especialmente importante en el tratamiento de aguas Residuales Industriales.

En el **Proceso Convencional de Lodos Activados**, la bacteria y formas de vida asociadas de nivel más altas, tal como los **protozoos y rotíferos**, son aireados por un período de aproximadamente 6 horas en un tanque que contiene aguas residuales con nutrientes; p.e.: **Carbón, Nitrógeno y Fósforo**. La mezcla aireada de vida microbiológica y agua se llama licor mezclado. Los sólidos del licor mezclado deben ser separados de las aguas tratadas antes de ser recicladas o descargadas al medio ambiente. Esta separación toma lugar en un clarificador donde el licor mezclado se tiene en reposo por 4 horas. Los sólidos permanecen en el fondo y el líquido clarificado llamado sobrenadante pasa sobre una compuerta a una tubería de descarga.

Se continúa el proceso volviendo una porción de los sólidos del clarificador hacia el recipiente de aireación. La bacteria del clarificador no ha recibido ninguna comida adicional por varias horas y se vuelve hambrienta o "activada". Esto los hace receptivos a la asimilación de más nutrientes en las aguas residuales que entran. El proceso de tubo de ventilación para nutrientes, crecimiento, separación de los sólidos y retorno, es la base fundamental de los lodos activados.

Un proceso auxiliar que ocurre en el lodo activado es el lodo de desecho. El crecimiento natural de la bacteria acumula bio-masa en el sistema y si este nuevo crecimiento no fuese quitado del tanque rápidamente, sería obvio que los tanques eventualmente se llenarían con sólidos (celdas bacterianas).

Aparte de esta consideración obviamente física, existe sin embargo un mayor impacto del lodo de desecho que no es muy aparente; el concepto de **Tiempo de Retención de Sólidos (TRS)** también conocido como tiempo de residencia celular promedio. Por definición el TRS es la medida del tiempo que una partícula permanece en el reactor. Este se calcula dividiendo el peso de los sólidos en el reactor sobre el peso de los sólidos eliminados por día, TRS.

El TRS que está controlado por el lodo residual tiene varias importantes aplicaciones en el proceso, necesarias para el funcionamiento exitoso del sistema de lodos activados:

- 1.- Un TRS dado promoverá el crecimiento de una bacteria específica requerida para una aplicación dada.

Ejemplo: Nitrificación (TRS = 15 días)

Alto Grado de Remoción de Carbón DBO
(TRS = 5 días)

- 2.- Un control positivo de TRS ayuda en la producción de una buena sedimentación de flóculos y consecuentemente aclara el efluente manteniendo un tipo constante de población bacterial.

- 3.- El control del TRS es el mayor contribuyente para un proceso confiable a largo plazo y con una buena calidad de efluente día a día.

El proceso de lodos activados consiste en un tanque de aireación, un clarificador secundario y de una línea de retorno de lodos. La extracción del lodo de desecho se puede realizar indistintamente desde la conducción del lodo de retorno o bien desde el sistema de extracción de lodos del clarificador secundario.

El modelo de flujo es del tipo en pistón o mezclado completo con recirculación celular, tanto el agua residual influente sedimentada como el lodo activo recirculado entran en el tanque por un extremo y son aereados durante un período de tiempo dado el cual es motivo de análisis y determinante en la eficiencia del sistema. Ambos son mezclados por la acción de la aireación mecánica o por difusores de aire que permanece constante conforme el licor mezclado se desplaza a lo largo del tanque. Durante este período se produce la adsorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. El líquido mezclado se hace sedimentar en el tanque de sedimentación y el lodo es recirculado en una proporción de aproximadamente 25 al 50 % del gasto de entrada. Porcentaje que es motivo de análisis y determinante en la eficiencia del sistema.

IV.2. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL TIPO CONVENCIONAL.

El Sistema de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales del Tipo Convencional por estudiar es mostrado en el diagrama de flujo de la **Figura IV-1** correspondiente a la **Planta de Tratamiento de Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios (AIMSU)**. En dicho diagrama se muestra la distribución de las unidades de tratamiento desde su pretratamiento hasta su desinfección.

El nacimiento de AIMSU en el campo del tratamiento de las aguas residuales y de reuso data de hace 25 años; diseñándose y construyéndose la planta para tratar 300 lps. mediante el sistema convencional de lodos activados. La Planta de Tratamiento se encuentra localizada en una extensión de terreno de aproximadamente 7 hectáreas, se ubica en Cd. San Nicolás de los Garza, N. L., recibe las aguas residuales de dos colectores importantes, La Cloaca construido a principios del siglo y el Colector del Bosque. Ambos con capacidad que fluctúa alrededor de 1.0 m³/seg.

Como casi todos los colectores del área metropolitana, éstos reciben importantes descargas de aguas residuales industriales; como en el año de 1980, que se presentaron concentraciones de DBO, DQO, SST, etc. mucho mayores a los parámetros de diseño, viéndose obligados los usuarios de la empresa a prescindir del producto, usando en su lugar agua potable o de pozo.

La planta cuenta con un sistema de tratamiento previo o preliminar con una capacidad de 300 lps. y que incluye Rejillas Automáticas y Manuales, Medidor con indicador de flujo instantáneo y graficador e integrador en el cual se basan los cobros mensuales del agua residual consumida, por Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

Después de este sistema se encuentran localizados el desarenador y desmenuzador, para después el agua ser bombeada al proceso, el cual consta de dos trenes con capacidad de flujo de 150 lps.

DIAGRAMA DE FLUJO

DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA DE AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.

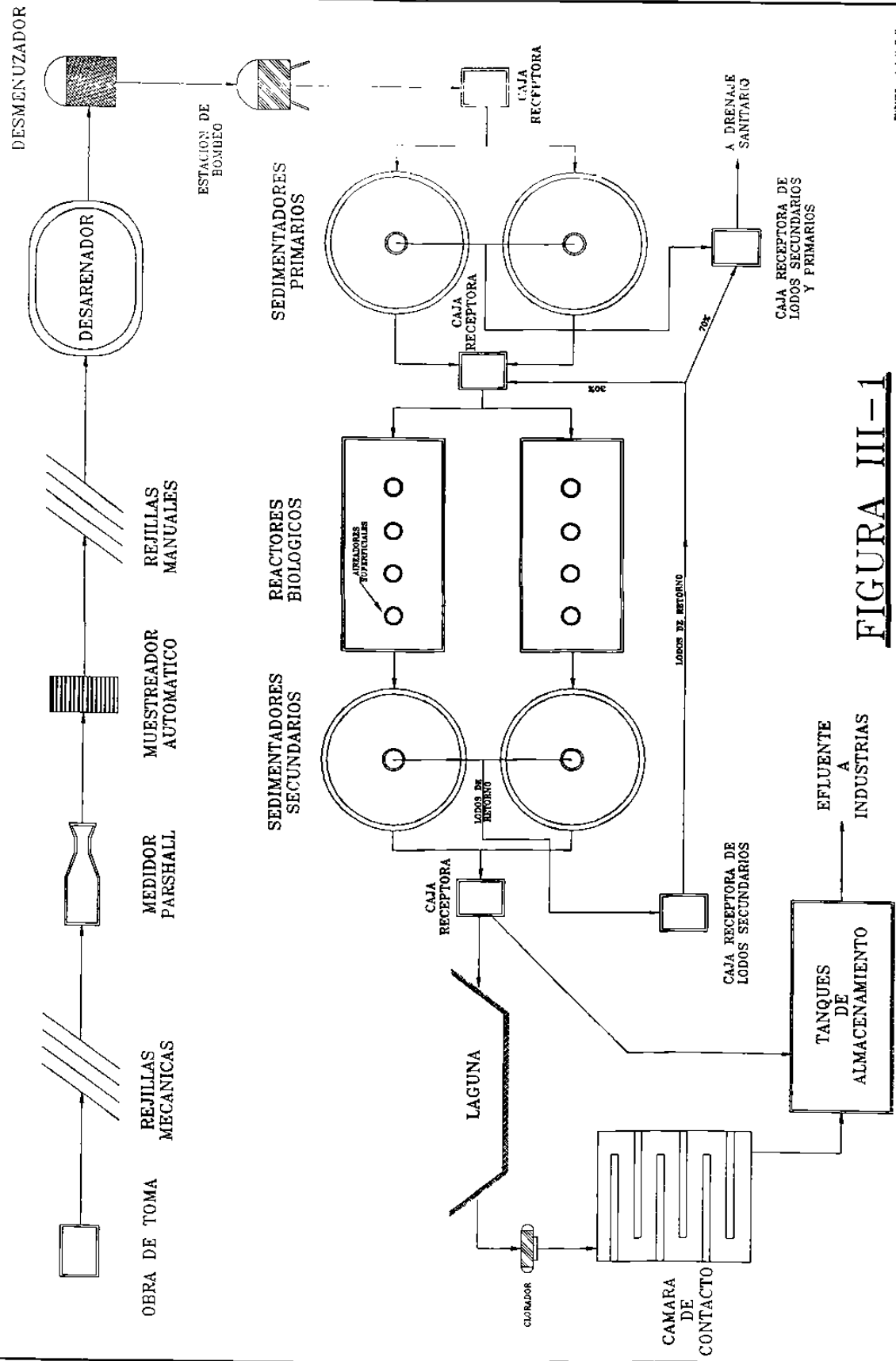


FIGURA III-1

PROYECTO: A.I.M.S.U.

Las Especificaciones de los equipos son:

Rejillas: La separación entre barra y barra

Reja No 1	19.05 mm
Reja No 2	25.40 mm
Reja No 3	31.17 mm

Desarenador:

Diámetro	=	4.90 mts.
Profundidad	=	1.09 mts.

Sedimentadores Primarios (dos unidades):

Diámetro	=	22.86 mts.
Profundidad	=	3.65 mts.
Capacidad	=	1750.00 m ³ .
T Retención	=	2.30 - 3.00 Hrs.

Reactores (dos unidades):

Largo	=	46.70 mts.
Ancho	=	11.70 mts.
Profundidad	=	5.20 mts.
Capacidad	=	2841.22 m ³
T. Retención	=	4.00 - 3.00 hrs.

Clarificadores Secundarios (dos unidades):

Diámetro	=	22.86 mts.
Profundidad	=	3.65 mts.
Capacidad	=	1750.00 m ³ .
T. Retención	=	2.30 - 3.00 Hrs.

Tanques de Almacenamiento:

Se cuenta con dos tanques de almacenamiento con una capacidad de 4,500 m³ y 6,000 m³. Y una laguna con una capacidad de 4,500 m³ (Ver Anexo I)

El aire utilizado en el proceso proviene de:

- 3 Sopladores con capacidad de 28 m³/min. cada uno.
- 2 Sopladores con capacidad de 64 m³/min. cada uno.

La desinfección mediante cloro se efectúa con cuatro cloradores con los cuales se dosifica el cloro envasado en cilindros de una tonelada.

El perfil hidráulico de la planta alcanza los 330 lps. y el agua residual cruda es bombeada a la sedimentación primaria por un sistema de bombas verticales de 100 lps., cada una. Marca TISA y tres BYRON JACKSON. El mecanismo de medición es marca FOXFORO y el equipo de clarificación y aeración son de la marca DORR-OLIVER.

Los Cloradores son marca WALLACE & TIERNAN y las cuatro bombas utilizadas para retorno de lodos operan a 70 lps. y son de tipo horizontal, marca BYRON JACKSON. (Ver Anexo I)

El bombeo del agua tratada se efectúa mediante cinco bombas horizontales marca FAIRBANKS-MORSE, dos de ellas con 50 lps. de capacidad y las otras de 100 lps. (Ver Anexo I)

Se cuenta con un sistema de bombeo de emergencia usando una de las bombas accionada con motor de combustión interna.

El sistema de sopladores se compone de tres equipos marca MEVISA de 75 HP y 2 de marca INGERSOLL-RAND con 100 HP. (Ver Anexo I)

IV.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE REACTORES BIOLÓGICOS DEL TIPO SECUENCIAL INTERMITENTE.

Un Reactor Secuencial Intermitente (SBR) es un proceso de tratamiento de lodos activados aplicable en el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial. El ciclo de tratamiento de un SBR consiste en una secuencia de tiempos en los cuales normalmente incluye los siguientes pasos: **LLENADO, REACCION, SEDIMENTACION, DECANTACION E INACTIVIDAD**. Cuando la remoción biológica de nutrientes es deseada (**RBN**), las fases en el ciclo son ajustados para proporcionar períodos anóxicos o anaeróbicos.

La aireación en un SBR puede ser proporcionada por difusores de burbuja fina o gruesa, aireadores-mezcladores flotantes o aeración por aspersión. El proceso SBR es normalmente precedido por algún tipo de tratamiento preliminar como puede ser: rejas, trituradores y desarenadores. Debido a que el proceso SBR opera por medio de una serie de tiempos programados, la aireación y sedimentación pueden efectuarse en el mismo tanque, eliminando con ello la necesidad de contar con un clarificador secundario.

La tecnología en el tratamiento del agua residual mediante el sistema SBR tiene la ventaja de ser muy flexible en términos de sincronización del reactor y tiempos de sedimentación ante las difíciles características por manejar de un agua residual en particular.

Algunas modificaciones comunes en el sistema de tratamiento de aguas residuales SBR, pueden ser dadas para un tratamiento secundario o avanzado, como **nitrificación, desnitrificación y remoción biológica de nutrientes**. Las compañías fabricantes de sistemas SBR, han adaptado un sistema de tratamiento secuencial intermitente, en varias formas. Algunos sistemas usan un influente continuo y proporcionan un by-pass para minimizar los flujos de tormenta que pueden producir (cortos-circuito). Los SBR fueron diseñados originalmente en pares de

reactores para que cuando en un reactor se esté llenando, en el otro reactor se estén llevando al cabo las diferentes etapas de reacción, sedimentación y decantación.

La configuración modificada disponible incluye un SBR con un tanque receptor; un tercer tipo de sistema SBR en el cual el tiempo de llenado es una tercera parte del tiempo total del ciclo; así como una entrada continua al SBR.

IV.3.1. TECNOLOGIA ACTUAL

Para 1991 aproximadamente 170 instalaciones de tratamiento de aguas residuales en los Estados Unidos empleaban la tecnología SBR. Aproximadamente 40 de esos sistemas SBR fueron diseñados y operados para Remoción Biológica de Nutrientes.

La tecnología SBR es aplicable para aguas residuales de origen municipal e industrial donde el tratamiento por medio del proceso convencional de lodos activados o aeración extendida son apropiados. El tamaño de los SBR puede variar de 0.1 lps. a más de 220 lps. La tecnología es aplicable para la remoción de DBO y SST, Nitrificación, Desnitrificación y Remoción Biológica del Fósforo.

La tecnología es especialmente aplicable para pretratamiento industrial y para flujos pequeños. (< 45 lps). También donde el agua es generada por períodos de 12 horas o menos al día.

IV.3.2. LIMITACIONES

Los Sistemas SBR requieren elementos para regular y almacenar el agua residual pues el gasto que entra diariamente tiene que ser almacenado para su tratamiento y descargado durante el o los períodos de decantación el cual típicamente es de 4 a 6 veces por día. Los sistemas de aeración tienen que ser dimensionados para permitir que se den los diferentes requerimientos en el proceso durante las fases de aeración-llenado y reacción.

El costo por litro de agua residual tratada por los sistemas SBR podría limitar su utilidad al diseño de flujos menores de 450 lps. Los primeros problemas experimentados en los sistemas SBR sobre el mantenimiento de los mecanismos de decantación han sido ampliamente estudiados y superados en los diseños modernos.

IV.3.3. EFICIENCIA

Las estadísticas de 19 plantas son resumidas en la siguiente tabla.

Cuadro VI.3.3

Parámetro	Eficiencia ¹ %
Remoción de DBO	89 - 98
Remoción de SST	58 - 97
Nitrificación	91 - 97
Remoción de Nitrógeno Total	> 75
Remoción Biológica de Fósforo	57 - 69

IV.3.4. REQUERIMIENTOS QUIMICOS

Los requerimientos químicos se presentan y son importantes cuando la descarga sea directa hacia cualquier cuerpo receptor donde la cloración y eliminación del cloro sean requeridos, (excepto cuando la desinfección se logre por medio de rayos ultravioleta). También, cuando es estrictamente necesario utilizar aluminio o cloruro férrico para alcanzar en el efluente los límites permisibles de fósforo.

IV.3.5. RESIDUOS GENERADOS

El lodo secundario es generado en cantidades similares a los procesos de lodos activados, dependiendo de las condiciones de operación del sistema (Tiempo de retención celular y carga orgánica).

Fuente: U.S. EPA, *Sequencing Batch Reactors for Nitrification and Nutrient Removal*, September 1992.

IV.3.6. CRITERIOS DE DISEÑO

De acuerdo con lo reportado por la " Office of water enforcement and compliance" de la " U.S. Environmental Protection Agency ". en Septiembre de 1992. El criterio para el diseño de estos sistemas deberá ser hecho en base a lo siguiente:

Cuadro IV.3.6.

Carga de DBO	0.48 a 0.963 Kg de DBO/m ³ /día
Tiempo de Retención Celular	5 a 30 días
Tiempo de Retención Hidráulica	6 a 12 horas
F/M	0.05 a 0.5 Kg de DBO/Kg en SSLM
Tiempo del Ciclo (Convencional)	4 a 6 horas
Tiempo del Ciclo (RBN)	6 a 8 horas

IV.3.7. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto por los desechos sólidos, olores y contaminación al aire es similar a los producidos por procesos de tratamiento de lodos activados comunes, por lo tanto se aplican las mismas normas y medidas de mitigación para este sistema.

IV.3.8. MANEJO DE SUSTANCIAS TOXICAS

El mismo potencial de contaminación es dado por los lodos, ya que, en cualquier otro sistema de tratamiento se daría la misma concentración de contaminantes tóxicos que en el sistema SBR.

IV.3.9. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN SISTEMA SBR.

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales por Medio de Reactores Biológicos de Tipo Secuencial Intermitente SBR, consiste de uno o más tanques equipados con una entrada al reactor, equipo de aeración, un mecanismo de extracción de lodos, un mecanismo de remoción del agua clarificada y otro de control para los tiempos y ciclos del proceso. Los tanques pueden ser construidos de acero o de concreto. La forma no es condicionada y los tanques existentes pueden ser adaptados, rectangulares o circulares. **(Figura VII-1)**

Constructores de Sistemas SBR ofrecen una gran variedad de formas en el diseño para cubrir los requisitos que la necesidad demande. En el diseño de difusores de aire y mecanismos de decantación puede haber notables variaciones entre constructores. Los mecanismos de decantación incluyen un tubo sumergible de salida con válvulas automáticas, interconexiones de tuberías rígidas a tuberías flexibles e incluso flotantes, sistemas de desconexión móviles, bombas sumergibles de extracción verticales y horizontales.

Algunos mecanismos de decantación han presentado problemas de arrastre de sólidos cuando son utilizados para extracción de los mismos. Los sólidos pueden obstruir las tuberías durante la aireación, problema que puede ser minimizado modificando los mecanismos de decantación o recirculando los primeros minutos de flujo a un segundo reactor mientras se aclara. Es importante asegurar que la extracción del efluente sea uniformemente distribuido en el tanque.

El sistema de aeración incluye los compresores, difusores de burbuja fina y gruesa, además, el mecanismo de aireadores flotantes. Los agitadores pueden proporcionar la aeración o la mezcla sin aeración en una unidad operando el sistema de bombas con el compresor de aire prendido o apagado. Algunos diseñadores proporcionan sistemas separados con mecanismos de mezclado exclusivos para su propósito. Una variación en los aireadores comunes es que los nuevos sistemas pueden ser limpiados o reemplazados sin vaciar el reactor. Otros sistemas incluyen el mecanismo de flujo invertido para limpiar los aireadores.

IV.3.10. VENTAJAS DEL SISTEMA SBR SOBRE EL CONVENCIONAL.

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Reactores Biológicos de Tipo Secuencial Intermitente (SBR) tiene ventajas sobre el sistema del Tipo Convencional y ofrece mucha flexibilidad. Algunas de las ventajas Técnicas y Económicas son:

- * Cuando el flujo de la planta sea significativamente inferior al de diseño, los sensores de niveles que controlan los ciclos pueden ser ajustados para ese flujo en particular. El tiempo del ciclo será el mismo que el de diseño, sin embargo el gasto de energía en aeración será mucho menor, lo cual repercute en lo económico.

- * Un nivel muy alto de oxígeno disuelto existe durante la primera fase del ciclo en el reactor, debido a la baja concentración de oxígeno disuelto durante la fase anóxica del llenado. Esto produce una altísima eficiencia en la transferencia de oxígeno para un tamaño razonable de los aireadores.

- * El reactor opera como un tanque igualador para el caudal de entrada; por lo tanto puede tolerar fuertes variaciones en la carga orgánica del agua residual. Sin sacrificar la calidad del efluente.

- * Un Sistema de retorno de lodos donde se incluyen bombas, tuberías y accesorios, no es requerido, pues la aeración y la sedimentación se llevan a cabo en el mismo tanque. El volumen de lodos y la edad del mismo es controlado por extracción de lodos.

- * El crecimiento de organismos filamentosos, los cuales podrían causar levantamiento del lodo (Sludge bulking), se puede controlar ajustando la relación F/M y la duración del tiempo de aeración durante el ciclo de llenado.

- * Los sistemas SBR pueden requerir menor espacio que un sistema convencional de lodos activados considerando el total de las instalaciones de la planta. Los sistemas SBR pueden ser adaptados en casi todos los tanques existentes de cualquier otro sistema.

- * La operación es automatizada por medio de simples controles, esto minimiza la atención del operador.

- * Equipo simple y mínimo da como resultado un bajo costo de capital y mantenimiento.

- * El control del proceso (TRS - Tiempo de Retención de Sólidos) es automático, por medio de técnicas volumétricas de los lodos desechados.

- * Fácil de ampliar el proceso por medio de tanques modulares.

- * Rápidamente se adapta a la remoción de nutrientes biológicos debido al excelente control.

- * Aunque este proceso es aplicable a cargas orgánicas e hidráulicas variables, no parece haber ninguna limitación en el proceso para aguas residuales biodegradables.

IV.3.11. DESVENTAJAS DEL SISTEMA SBR SOBRE EL CONVENCIONAL.

Las siguientes, son importantes desventajas de los sistemas SBR. Pero cabe mencionar que estos usualmente se presentan durante el diseño, ajustes en el proceso o modificaciones en el equipamiento.

- * Cualquier problema en la sedimentación de lodos repercutirá en el contenido de sólidos totales en el efluente, con ello disminuye la eficiencia del proceso.
- * Mecanismos de decantación flotantes pueden presentar problemas mecánicos. Sistemas dañados requieren que la cubierta de lodo esté bajo la entrada antes de ser decantada. Ambos sistemas pueden atrapar sólidos al momento del primer arranque en la fase de decantación.
- * El flujo relativamente alto durante la fase de decantación puede requerir de un tanque regulador de flujo, sobre todo cuando precede a un sistema de desinfección o filtración.
- * Para grandes tiempos de retención de lodos, la desnitrificación puede ocurrir durante la fase de sedimentación y el lodo puede empezar a flotar debido a la formación de gas nitrógeno. Fenómeno que se agrava cuando las temperaturas son altas.
- * El equipo de aeración deberá ser diseñado de un tamaño mayor que el del tipo convencional, debido a que el aire para el proceso debe ser abastecido durante un período de tiempo muy corto.
- * Los canales o ductos de salida tienen que ser mayores debido a que el flujo de decantación es mucho mayor que el de entrada.

IV.3.12. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO SBR.

Es un sistema que usa bacterias que se encuentran en la naturaleza adaptadas a las condiciones producidas por las mismas características del sistema de tratamiento para consumir "contaminantes orgánicos" en aguas residuales; domésticas y/o industriales.

El éxito del proceso de tratamiento de aguas residuales dependerá, de que tan favorables sean las condiciones para las bacterias, por ejemplo: el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, nutrientes etc.

En este sistema se recomienda que las bacterias sean cultivadas específicamente para residuos específicos dadas las condiciones a las cuales se someterán, pues el agua residual será tratada en ciclos en un tanque llamado reactor y al igual que el sistema convencional es un proceso de lodos activados que utiliza bacterias y aire para tratar aguas residuales biodegradables.

El sistema SBR es una simplificación de los sistemas convencionales que elimina equipo, tal como, el clarificador y las bombas de retorno de lodos y equipo derivado, es totalmente automatizado y puede ser operado por un mínimo de personal e inclusive a control remoto, de acuerdo con el nivel de tecnología que se le adapte.

El Sistema de Tratamiento de Reactores Biológicos de Tipo Secuencial Intermitente (SBR) es el mismo sistema de tratamiento convencional simplificado, cuyo proceso de lodo activado utiliza bacterias, y aire para tratar las aguas residuales biodegradables.

Definición: *Reactor de Carga en Secuencia (SBR)*

REACTOR: Es el tanque en el cual ocurre el tratamiento y es el elemento principal del sistema.

SECUENCIA: " Es la sucesión de una cosa después de otra ";
eje. El proceso de tratamiento ocurre definitivamente en una forma de paso a paso y continuamente se repite.

CARGA: El Volumen de agua residual y sus componentes que son tratados en cada ciclo.

FUNCIONAMIENTO DEL SBR

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales por Medio de Reactores Biológicos de tipo Secuencial Intermitente.

El funcionamiento en secuencia está dado por una serie de ciclos los cuales se llevan a cabo en un tanque (reactor) y consisten en:

1er Paso: LLENADO/REACCION

El ciclo comienza específicamente en el reactor, a un 50 % aproximado de su capacidad de licor mixto proveniente de un ciclo anterior que contiene "lodo activado" o bacterias; bacterias disponibles que deben presentarse en el proceso pues de esto depende la eficiencia del mismo, de lo contrario, el aire sólo no podría hacer mucho para tratar el agua.

Normalmente aguas residuales con características especiales requieren de un cultivo de bacterias específicas, como lo son las aguas residuales industriales por lo que demandarán de un período de aclimatación especial para producir dicho cultivo en el cual se desarrollarán y se multiplicarán las bacterias adecuadas para el tratamiento.

El agua residual proviene de un tanque regulador o bien del sistema de recolección y empieza a llenar el reactor mientras está siendo aerado.

Los sistemas de aireación son diseñados por ciclos con el fin de eficientar el uso de energía y optimizarla en una forma económica. En este punto es importante conocer los niveles de oxígeno disuelto máximos requeridos para determinar el tiempo de oxigenación entre ciclo y ciclo para lograr un mejor asentamiento de flóculos.

El reactor parcialmente lleno durante el período de llenado actúa como un tanque igualador que suaviza la carga orgánica e hidráulica. (Ver Figura IV-2)

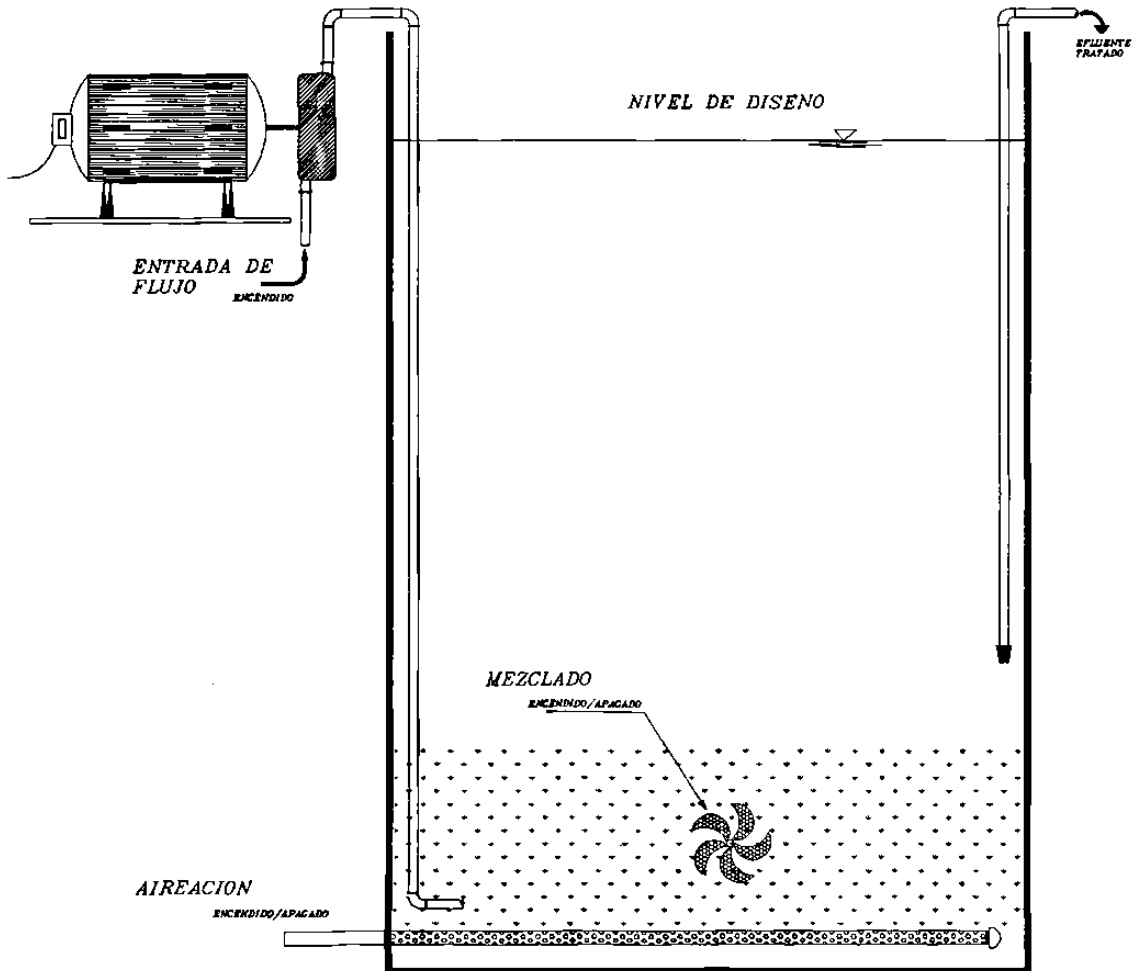


Figura IV-2
LLENADO/REACCION

2do. Paso:

REACCION

Este es un periodo de tiempo que varía entre 1 y 3 horas normalmente y que permite el "pulimiento" del agua residual para alcanzar la calidad deseada en el efluente. El periodo deberá ser totalmente manipulable y puede ser adaptado para cualquier necesidad presentada, dependiendo de las características del agua.

Durante este periodo el agua cruda puede ser derivada a un segundo reactor o tanque regulador. (Ver Figura IV-3)

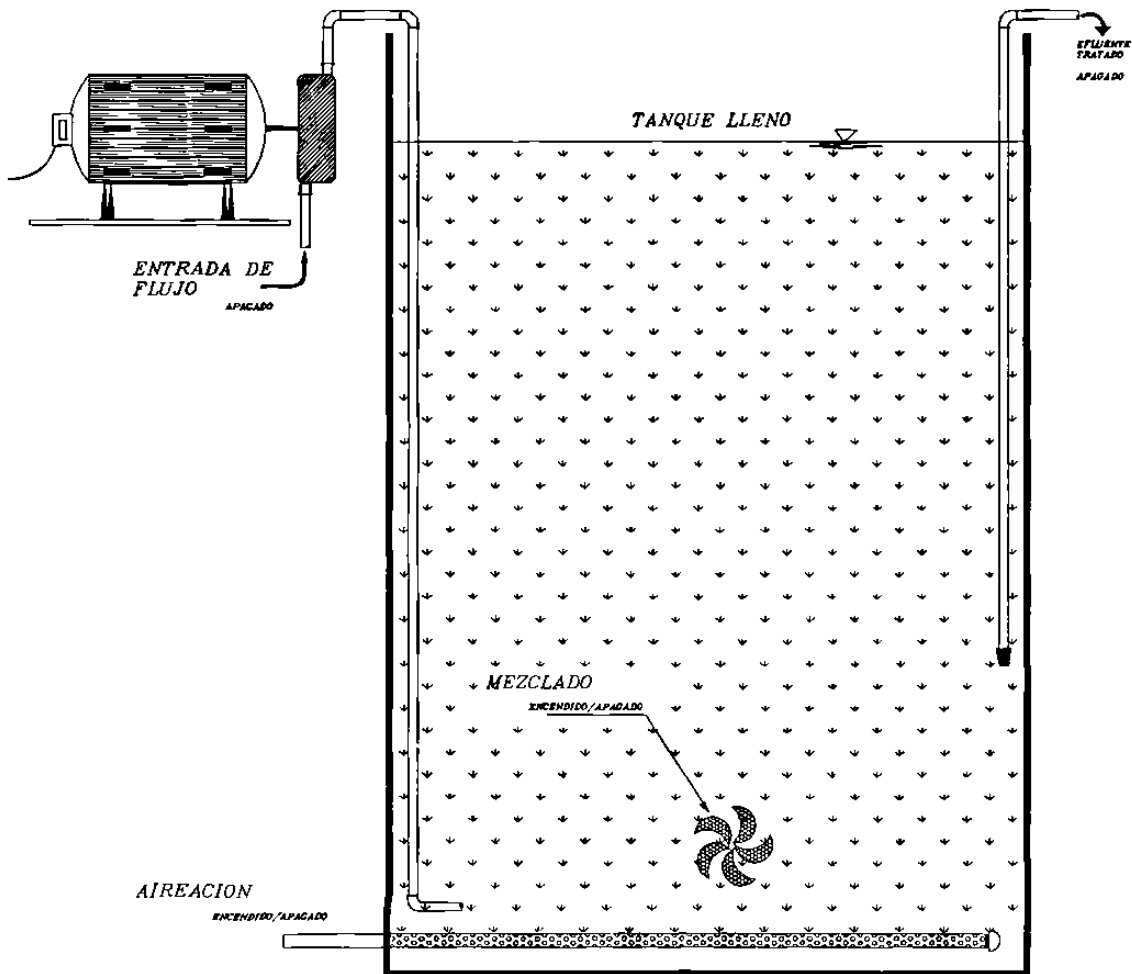


Figura IV-3

REACCION

3er. Paso:**SEDIMENTACION**

Todas las formas de energía que entran al reactor tales como el agua cruda, el aire, la agitación etc. se suspenden permitiendo que el reactor se comporte como un clarificador. El periodo de sedimentación varía, dependiendo de la eficiencia del reactor, podría ser de una hora pero para un excelente licor mixto le bastarían diez o quince minutos.

Normalmente la biomasa asentada ocupa 1/3 del volumen en el fondo del reactor. Otra característica es la capa de interfase entre la biomasa y el sobrenadante donde aparecerá como una línea solida-líquida bien definida. El licor mixto sedimentado permite una reducción de líquido a sólido de 3:1, lo que prevee una fase conveniente en la cual el gasto excede los lodos activados. Esta exacta actividad de lodos residuales permite un buen control del tiempo de retención de sólidos (TRS), por consiguiente una gran confiabilidad en el proceso. (Ver Figura IV-4)

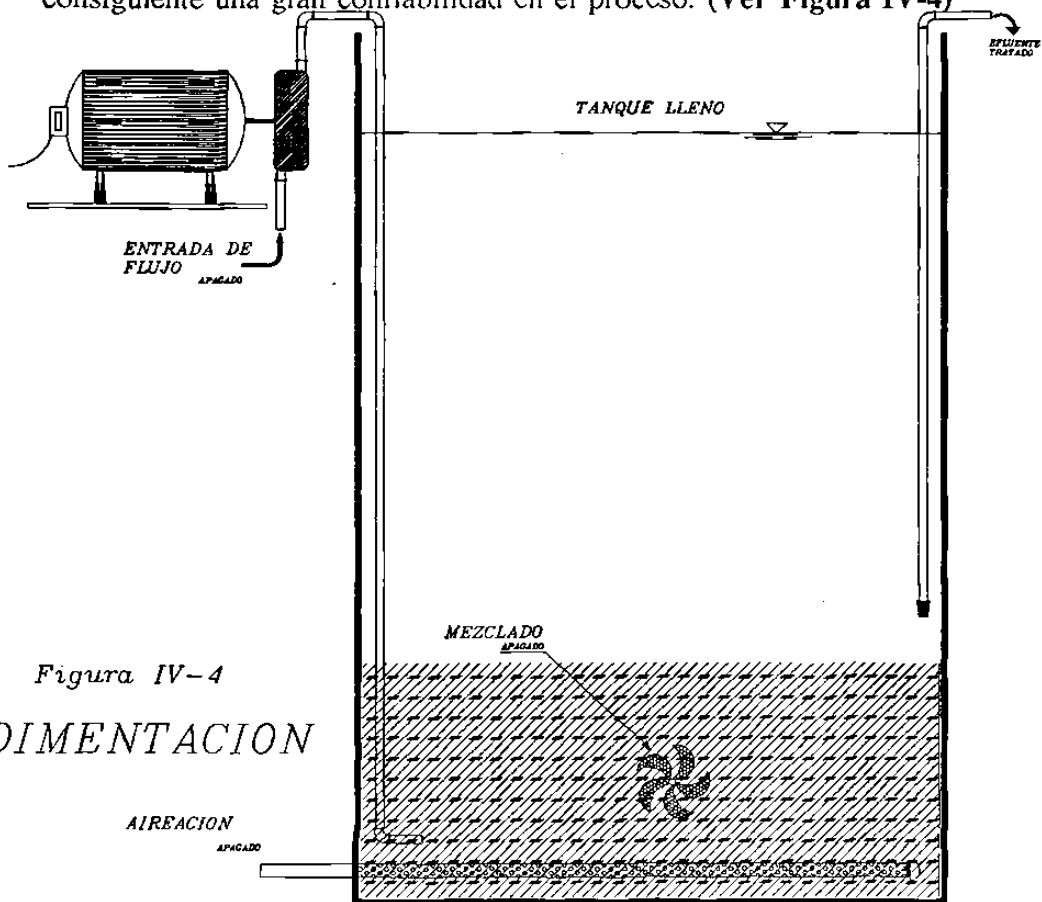


Figura IV-4

SEDIMENTACION

4o. Paso: DESCARGA

Vaciado o período de desagüe del agua tratada en el cual las bombas son las recomendadas para hacerlo debido a que:

La velocidad de extracción puede ser calculada y ajustada al sistema de bombeo. La tubería de desagüe es de un diámetro muy pequeño.

Es recomendable colocar bombas múltiples pues se garantiza al 100 % la extracción, además de que permite organizarse para flujos superiores al de diseño. (Ver Figura IV-5).

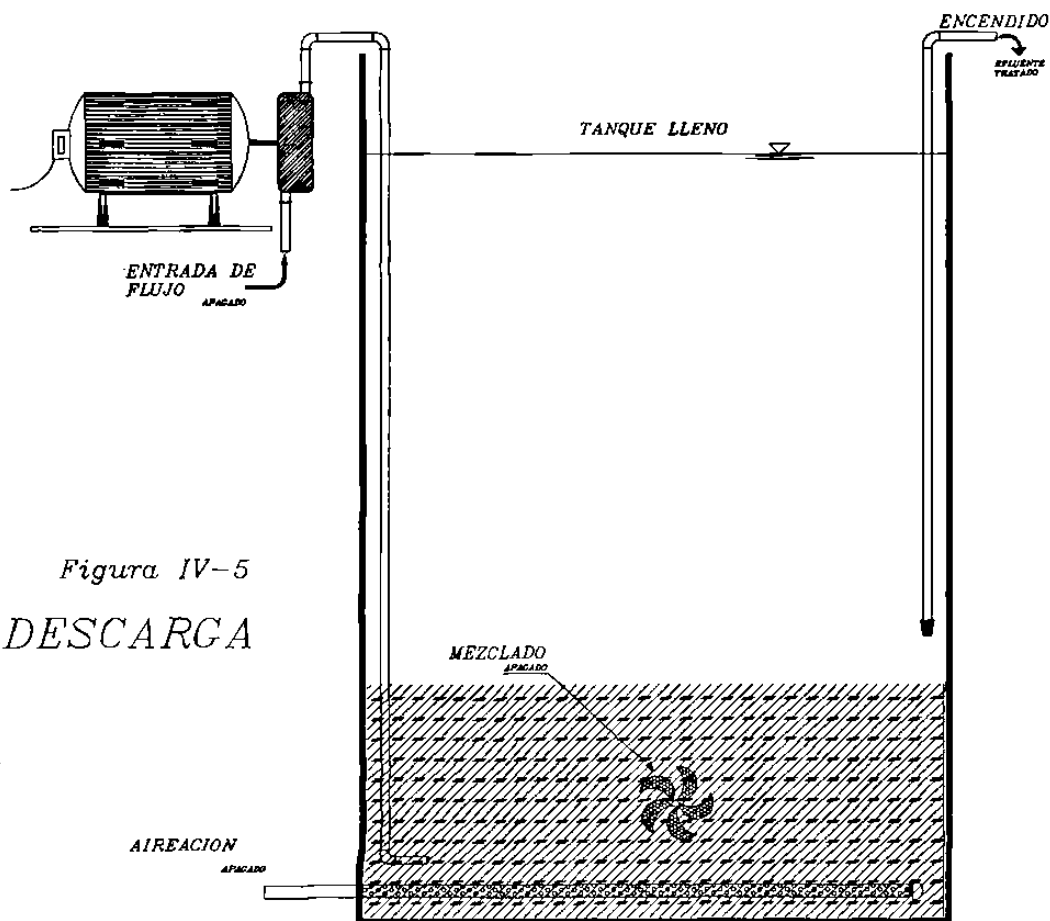


Figura IV-5
DESCARGA

5o. Paso:**TIEMPO INACTIVO**

Es el tiempo medio transcurrido entre el momento en que el reactor se encuentra descargado y el momento en que el reactor nuevamente se empieza a llenar. Esta condición debe ocurrir en un sistema de dos reactores; pues un reactor que se está llenando puede no llenarse al mismo tiempo que el segundo reactor se ha vaciado. Cuando el reactor se encuentra en esta etapa la entrada de aire es reducida, permitiendo que el aire que entra sea únicamente el necesario para mantener una población bacteriana activa. Pues el reactor inactivo no necesita ser aerado a la misma velocidad como cuando recibe aguas residuales.

Es importante mencionar que este período sólo ocurre cuando el flujo de entrada es menor que el gasto de diseño. (Ver Figura IV-6)

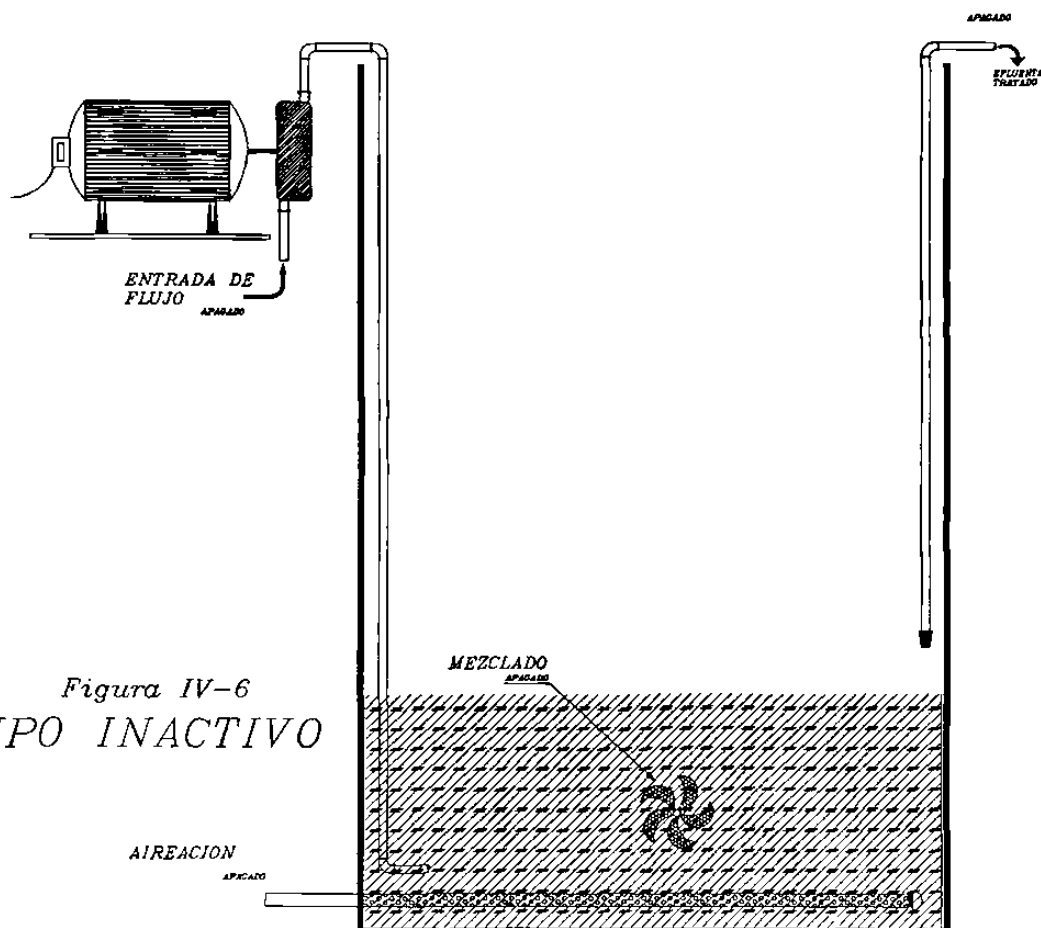


Figura IV-6
TIEMPO INACTIVO

CICLO DE TORMENTA

Un Posible 6o. paso podría ser el ciclo de tormenta que automáticamente compensa para un período corto de carga hidráulico usualmente alta como pudiera ser durante una tormenta donde excesivas infiltraciones se acumulan en las alcantarillas.

El sistema de control de la planta deberá ser capaz de ajustar automáticamente los tiempos de retención de sedimentación y de vaciado para permitir varias veces la carga hidráulica de diseño a través de los reactores. Lo que ocurre normalmente con una mínima reducción en la eficiencia para la remoción de la DBO.

En cualquier circunstancia el sistema deberá ser diseñado para que los flujos excesivos permitan que el ciclo de tormenta no desplace del reactor al licor mezclado. Lo más recomendable es que los flujos excesivos sean manejados con una obra de desvío (BY-PASS) a un lugar de desinfección del flujo en emergencia.

El ciclo de tormenta aumentará el tamaño del tanque igualador requerido, lo cual influirá directamente en el costo capital.

AUTOMATIZACION

La automatización del sistema de tratamiento en todos sus elementos nos permite manipularlos a control remoto utilizando computadoras y líneas telefónicas. Es por eso que en cualquier lugar electrónicamente es factible comunicarse y conocer las condiciones en las cuales el sistema de tratamiento está operando, en ello incluye el hecho de que se pueda contar con un monitor en el que se observe el proceso esquemáticamente sobre un diagrama de flujo. El contar con una base de datos nos permite llevar estadísticas sobre: horas de operación del ventilador, número de ciclos, etc.

Por medio del panel de control se puede esquematizar el proceso con límites de tolerancia para los sistemas, así como un sistema de alarmas conectado a dichos procesos, los cuales nos alertarían en caso de emergencia en el punto donde está ocurriendo la falla.

Algunos sistema SBR automáticamente permiten hacer modificaciones en el proceso a distancia y en el lugar.

CAPITULO V

TEORIA DE NITRIFICACION, DESNITRIFICACION Y REMOCION DE FOSFORO

V. TEORIA DE NITRIFICACION, DESNITRIFICACION Y REMOCION DE FOSFORO

Por décadas el concepto del papel que juegan los nutrientes en el ambiente acuático ha sido sujeto a considerables controversias. Es muy difícil aceptar los principios de fertilización de la tierra al agua, especialmente considerando el papel que juega la fotosíntesis en ambos casos.

Necesidad de Nutrientes

Los nutrientes son, a veces, el factor limitante del crecimiento y síntesis celular en lugar del sustrato orgánico e inorgánico del agua residual. Las bacterias y las algas, requieren nutrientes para el crecimiento, principalmente **nitrógeno** y **fósforo**. Estos nutrientes no siempre están presentes en cantidades suficientes como en el caso de las aguas residuales industriales de alto contenido en carbohidratos. La adición de nutrientes al agua residual puede ser necesaria para el crecimiento adecuado de las bacterias y la subsiguiente degradación de la materia residual.

V.1. El Nitrógeno

El **Nitrógeno** es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos y las plantas. Sin embargo se ha demostrado que el exceso de nitrógeno en los efluentes de las plantas de tratamiento de

aguas residuales al igual que el exceso de fósforo, están asociados con el crecimiento indeseable de algas y plantas en los cuerpos receptores de aguas. Además que el nitrógeno en forma de amonio es tóxico para los peces.

El Nitrógeno penetra a las corrientes de agua residual doméstica como urea y otros materiales orgánicos. La urea siempre ha sido considerada como un componente orgánico nitrogenoso, pero éste de hecho es un derivado del dióxido de carbono y debería ser clasificada como inorgánica. La urea es rápidamente hidrolizada por enzimas a amonio (o al ión amonio dependiendo del pH) y dióxido de carbono.

Concentraciones típicas de Nitrógeno en aguas residuales domésticas son enlistadas en la siguiente tabla.

Tabla V-1

Nitrógeno en Agua Residual Doméstica.

	Concentración como N ^a	Generación
	mg/l	kg/per cap. * año
Total	20 - 85	3.4 - 5.0
Orgánico	8 - 35	0.7 - 1.1
Relación de amonio liberado como nitrógeno amoniacal	12 - 50	2.7 - 2.2

^a Concentración típica para aguas residuales domésticas recién generadas.

Otras formas del Nitrógeno están presentes en el agua residual doméstica como Nitrito y Nitrato. Sin embargo, en aguas residuales domésticas recientes la concentración de éstos, especialmente la de nitritos es

mínima. Una excepción a ésto puede ser encontrada en comunidades con altos niveles de nitrato en el agua potable. El Nitrógeno en forma de amonio comprende aproximadamente el 60 % (12 a 50 mg/l) de los 20 a 85 mg/l del nitrógeno total presente en aguas residuales doméstica recientes. Los restantes 8 a 35 mg/l son orgánicamente requeridos.

Las descargas Industriales pueden sumar cantidades significativas de nitrógeno a las corrientes de aguas residuales. Descargas industriales típicamente altas en contenido de nitrógeno son aquellas donde se procesan alimentos, producción de alimentos, procesamiento de leche, refinerías de petróleo, comedores, ciertas plantas de fibras sintéticas, e industrias de limpieza con componentes de amonio.

La forma del nitrógeno es un indicador de la edad y las condiciones del agua residual. Aguas residuales recientes, como se ha hecho notar, contienen primeramente amonio (De la Hidrolización rápida de la Urea) y los componentes orgánicos de nitrógeno (proteínas, peptidos, aminoácidos, creatinas, ácido úrico, y otros). Los componentes orgánicos son lentamente descompuestos por las bacterias a amonio, dióxido de carbón, y agua. Bajo condiciones aeróbicas, la forma del nitrógeno como amonio es oxidada a **Nitrito** (NO_2) por el género de bacterias **Nitrosomonas**. El Nitrógeno en forma de **Nitrito** es un componente inestable que rápidamente es oxidado por las bacterias del grupo **Nitrobacter** a nitrógeno en forma de **Nitrato** (NO_3). La oxidación de amonio a nitrito, a nitrato se le denomina **Nitrificación** y es la base de la remoción de amonio en el tratamiento de las aguas residuales. La

FUNDAMENTOS TEORICOS

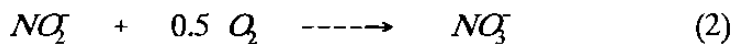
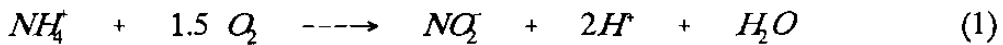
En términos generales, los microorganismos pueden degradar la materia orgánica en condiciones aerobias y anaerobias; en el proceso aerobio se oxidan compuestos orgánicos hasta productos inorgánicos más simples en estructura como CO_2 , NO_3^- , NO_2^- y SO_4 . En el caso de los procesos anaerobios, la degradación de la materia orgánica forma compuestos tales como CO_2 , CH_4 , H_2S y NH_3 . La diferencia bioquímica fundamental entre los dos procesos es el aceptor final de electrones.

Proceso Anaerobio.

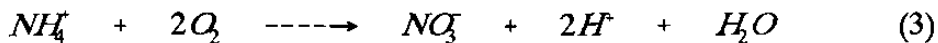
La bioconversión de la materia orgánica contenida en el agua residual por vía anaerobia, se lleva a cabo por bacterias acidogénicas y metanogénicas. Los compuestos orgánicos son hidrolizados en una primera etapa por bacterias heterótrofas no metanogénicas a azúcares, alcoholes, ácidos volátiles, hidrógeno y bióxido de carbono. En una segunda etapa, los alcoholes y ácidos volátiles que contengan en su estructura molecular más de dos carbonos, son oxidados a ácido acético e hidrógeno por el efecto de bacterias acetogénicas. En la última etapa, el ácido acético y el hidrógeno son transformados a metano y bacteria metanogénicas. En el proceso anaerobio se observa la producción de HCO_3^- que controla el pH del medio. La síntesis celular anaerobia es muy limitada debido a que la mayor parte de la energía contenida en el sustrato (aproximadamente 90 %) se encuentra en un producto de la degradación (metano), lo que se traduce en una baja producción de lodos de desecho.

V.2. Proceso de Nitrificación.

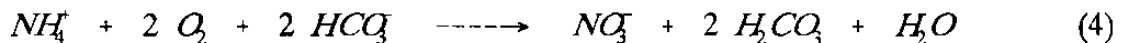
La nitrificación es la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal (NH_4^+) a nitratos. Para lograr el máximo estado de oxidación del nitrógeno se presenta un intermediario en el proceso: el ión **nitrito** (NO_2^-). La reacción se lleva a cabo por medio de bacterias aerobias autótrofas de los géneros *Nitrosomas* y *Nitrobacter* según las reacciones siguientes:



Lo que es lo mismo:

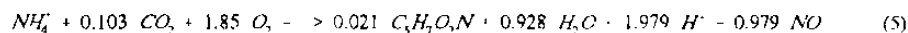


La oxidación total del amonio requiere de 4.57 mg $\text{O}_2/\text{mg N}$. El **pH** es uno de los parámetros que afectan la nitrificación: Russel *et al.*, (1978) observaron un intervalo de **pH** óptimo entre 7.8 y 9.0. La alcalinidad es consumida durante la oxidación del amonio según la reacción:



y se requieren 7.14 mg de alcalinidad como CaCO_3 por miligramo de nitrógeno amoniacal oxidado. Considerando la reacción global (5) en la cual se involucra la oxidación y la síntesis de biomasa, se observa la baja

síntesis de microorganismos nitrificantes con respecto al nitrógeno amoniacal oxidado (Barnes y Bliss, 1983).



La temperatura y el oxígeno disuelto son parámetros que también afectan la nitrificación. Se ha observado una relación directa entre estos parámetros y la eficiencia de nitrificación. La nitrificación es inhibida con la presencia de sulfatos y altas concentraciones de amoníaco; de 5 a 10 mg/l de H₂S y de 10 a 130 mg/l de NH₃, respectivamente.

Es por eso que la Temperatura, pH, concentración de Oxígeno Disuelto, y Tiempo de Retención de Sólidos (TRS) son parámetros importantes en la cinética de nitrificación. La eficiencia de la nitrificación en un sistema de lodos activados decrece cuando la temperatura baja. La temperatura óptima está entre 25 y 35 °C. Y como ya se mencionó, el pH óptimo para la Nitrificación está en el rango de 7.8 a 9.0. Para valores menores de 7.0 y mayores de 9.8 de pH, la Nitrificación se puede dar a menos del 50 % del óptimo.

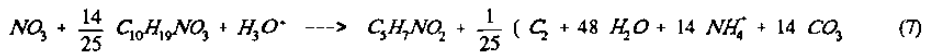
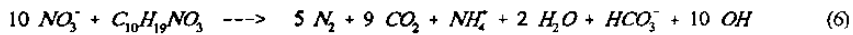
La Alcalinidad es destruida por la oxidación del amonio, por lo tanto reduce el pH. Un grado de 7.14 mg. de alcalinidad es destruida por mg. de Nitrógeno Amoniacal Oxidado. La aeración elimina parcialmente el Dióxido de Carbón del agua residual, por eso se reduce la alcalinidad; sin embargo suficiente alcalinidad debe mantenerse en el agua residual de manera que no disminuya el pH.

El grado máximo de Nitrificación ocurre en concentraciones mayores de 2 mg/l de Oxígeno Disuelto. El proceso de nitrificación consume 4.57 Kilogramo de Oxígeno por kilogramo de Nitrógeno Amoniacal convertido a Nitrato.

El grado de Nitrificación es también dependiente de la fracción nitrificante de las bacterias presentes en el sistema. Un importante incremento en el grado de nitrificación se puede dar si se incrementa esta fracción de los Nitrificantes. Esta fracción se puede incrementar, elevando los niveles de aeración en el tanque a los sólidos suspendidos del licor mezclado la cual incrementaría el tiempo de retención de lodos. Reduciendo la relación entre la DBO_5 y la concentración de Nitrógeno Kjeldahl (DBO_5/NTK) por nitrificación mediante un sistema de aeración en una segunda etapa incrementaría el porcentaje de nitrificadores y por ende el grado de nitrificación. Esta alternativa, sin embargo, no se ha demostrado que repercuta notablemente en el costo de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

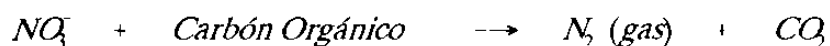
V.3. Proceso de Desnitrificación.

La Desnitrificación biológica es la actividad metabólica de bacterias heterótrofas aerobias facultativas que emplean el carbono orgánico como fuente de energía y utilizan los iones nitrito y nitrato como aceptores finales de electrones. Algunas de estas bacterias son las *Pseudomonas denitrifians*, *Micrococcus* y *Achromobacter*. Cuando el sustrato utilizado por las bacterias proviene del carbón orgánico contenido en las aguas residuales domésticas se pueden considerar las siguientes reacciones de respiración y de síntesis (Barnes y Bliss, 1983):



Resulta interesante señalar que dependiendo del tipo de bacteria presente, la reducción se realiza en dos etapas ($\text{NO}_3^- \text{ ---> } \text{NO}_2^- \text{ ---> } \text{N}_2$) o en una sola. Es necesario evitar la presencia de oxígeno en el medio, pues este elemento inhibe la desnitrificación ya que es un aceptor de electrones preferencial. De acuerdo con la ecuación (6) se requiere de una relación mínima de 0.857 mg. COT/mg N oxidado. La reacción de desnitrificación provoca un incremento en la alcalinidad del medio y el pH óptimo está entre 6.5 y 7.5 Russel *et al.*, (1978).

Otra forma sencilla de entender la desnitrificación es: el proceso en el cual el Nitrato es reducido a Nitrógeno como gas por los microorganismos en ausencia de Oxígeno Disuelto. La Desnitrificación puede ocurrir cuando en cantidades suficientes se encuentran el Carbón Orgánico y Nitratos. El proceso de Desnitrificación también puede ser expresado por la siguiente reacción:



Factores ambientales, incluyendo Temperatura, pH y concentración de Oxígeno Disuelto tienen efecto en el grado de Desnitrificación. La temperatura tiene una relación directa con el incremento de la tasa de Desnitrificación. La mayor tasa de reacción ocurre entre 35 a 50 °C. La velocidad de reacción se incrementa por un factor de 1.5 a 2 por cada 10 °C, entre 5 y 15 °C de acuerdo con Dawson y Murphy (1971). Una Concentración de Oxígeno Disuelto mayor que 1 mg/l, inhibe la Desnitrificación.

V.4. Remoción de Fósforo

El **Fósforo** es otro nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos y las plantas. Sin embargo se ha demostrado que el exceso de Fósforo está asociado con el crecimiento indeseado de algas y plantas en los cuerpos receptores de agua.

La mayor fuente de **Fósforo** en el agua residual doméstica es el excremento, detergentes sintéticos utilizados en lavandería, y químicos utilizados en el tratamiento del agua. El Fósforo proporcionado por los detergentes ha sido reducido significativamente en comunidades que recomiendan la utilización de detergentes biodegradables. El contenido de fosfatos en las plantas de tratamiento donde se restringe el uso de fosfatos en los detergentes de las lavanderías es de casi el 50 % en comparación de las comunidades donde no existen ninguna restricción. El uso del metanofosfato de sodio o componentes similares (para control de la corrosión) en los sistemas de abastecimiento de agua también incrementa el contenido de fósforo en un agua residual.

La concentración típica de un agua residual doméstica reciente es mostrada en la **Tabla V-2**.

Tabla V-2

Fósforo en Agua Residual Doméstica.

	Concentración como P ^a	Generación
	mg/l	kg/per cap. * año
Total	6 - 20	0.8 - 1.8
Orgánico	5 - 2	0.3 - 0.6
Inorgánico	4 - 15	0.5 - 1.2

^a Concentración típica para aguas residuales domésticas recién generadas.

Las Formas inorgánicas del fósforo representan aproximadamente el 70 % (4 a 15 mg/l) de 6 a 20 mg/l del fósforo total presente en aguas residuales domésticas. El restante 2 a 5 mg/l son orgánicamente requeridos.

Las descargas Industriales también aportan. Descargas industriales típicamente altas en fósforo incluye aquellas destinadas a la fabricación de fertilizantes, donde se procesan alimentos, procesamiento y empaque de carnes, procesamiento de leche, lavanderías comerciales, y algunos desechos del procesamiento de comida. Ciertamente algunas descargas de procesos donde se manufactura el papel y la pulpa tienen una deficiencia de fósforo.

El Fósforo en el agua residual puede estar presente como **Ortofosfato**, **Polifosfato**, o **Fósforo Orgánico**. De entre los tres tipos de fosfatos los

Ortofosfatos son los más fáciles de remover. Los Polifosfatos son convertidos a Ortofosfatos por hidrólisis y el fósforo orgánico es convertido a ortofosfato por medio de descomposición bacteriológica.

El **Ortofosfato** soluble es la forma más simple del fósforo en el desdoblamiento de los polifosfatos inorgánicos y que orgánicamente es transformado a fósforo. Típicamente los **Ortofosfatos** solubles comprenden del 15 al 35 % de el fósforo total en el agua residual doméstica reciente. La relación de **ortofosfatos a polifosfatos y fósforo transformado** depende de dos cosas: De las características de la descarga del agua residual a las corrientes de agua residual, y de el grado de complejidad de las formas en las cuales se encuentren los elementos (el fósforo como nutriente).

El tratamiento del agua residual incrementa el nivel soluble de los ortofosfatos estimándose de un 50 a 90 % del fósforo total. La forma soluble del ortofosfato a fósforo es tan fácil de precipitar como lo es para facilitar la asimilación por las algas y plantas.

El proceso de tratamiento Convencional de lodos activados generalmente involucra una precipitación con aluminio o cloruro férrico. El porcentaje de remoción de Fósforo total obtenible de la concentración del Influyente con tratamiento primario y secundario, ambos con y sin la adición de químicos (como aluminio y cloruro férrico), se presentan en la **Tabla V-3**. El tratamiento Primario y Secundario sin precipitación química remueve muy poco fósforo: del 5 al 10 % con el Tratamiento Primario, y 10 a 20 % con el Tratamiento Secundario. Con la adición de Aluminio o Cloruro Férrico, la remoción incrementa a 70 a 90 % con el Primario, y de 80 a 90 % con el Tratamiento Secundario. Concentraciones en el Efluente de 1 mg/l de fósforo Total es obtenido con el Tratamiento Secundario. La **Tabla V-3** también incluye una remoción del 80 % del Tratamiento Primario con la adición de cal. Altos niveles de remoción de fósforo pueden lograrse con tratamientos avanzados.

Los sistemas de tratamiento biológicos convencionales llevan a cabo la remoción parcial de fósforo mediante el uso del fosforo para síntesis de biomasa durante la remoción de DBO. Un típico contenido de fósforo en sólidos microbiológicos es de 1.5 a 2.0 por ciento basado en peso seco.

Tabla V-3

**Eficiencia de Remoción Típica de Fósforo Total
en un Sistema de Tratamiento Convencional**

Nivel de Tratamiento	Porcentaje de Remoción de la Concentración del Influyente		
	Sin la Adición de Químicos	Con la Adición de Químicos ^a	Con la Adición de Cal
Tratamiento Primario	5 - 10	70 - 90	80
Tratamiento Secundario	10 - 20	80 - 95	

^a Típicamente aluminio o hierro.

La extracción excesiva de sólidos biológicos puede resultar con una remoción de fósforo del 10 al 30 %, luego, dependiendo de la relación entre la DBO y el Fósforo, la edad del sistema de lodo, las técnicas de manejo de lodo y lugar donde se retorne el flujo.

Los Fundamentos Teóricos de Nitrificación-Desnitrificación han sido extraídos de los reportes de las investigaciones realizadas por José Canseco Contreras *et al.* en su estudio sobre *El tratamiento Avanzado del Agua Residual Doméstica: Evaluación del Arranque de un Sistema Anaeróbico-Anóxico-Aeróbio.*

CAPITULO VI

**ANALISIS CUALITATIVO DEL AGUA RESIDUAL EN
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.
PARA 1993**

VI. ANALISIS CUALITATIVO DEL AGUA RESIDUAL EN INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U. PARA 1993

VI.1. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO

El contar con una base de datos históricos en su máxima capacidad, nos ayudará a realizar diseños mucho más inteligentes. A continuación se presenta un resumen de la caracterización del agua residual en el **Influente y Efluente** de la planta de tratamiento de Aguas de AIMSU.

Las **Tablas VI-1** a la **VI-7** nos indican los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en la Planta durante 1993, muestran el valor Promedio, el Máximo y el Mínimo registrados mensualmente en el **Influente y Efluente**.

El análisis se realiza con el objeto que observar el comportamiento de los diferentes parámetros en el **Influente y Efluente** del agua por tratar y tratada respectivamente en la planta de AIMSU y así poder comparar los dos sistemas en estudio basandonos en información confiable.

Tabla VI-1. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL¹

		I N F L U E N T E											
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	203.0	202.0	216.0	223.0	213.0	227.0	262.0	263.0	217.0	228.0	183.0	152.0
Temperatura	° C	23.0	23.0	24.0	26.0	28.0	29.0	30.0	31.0	30.0	28.0	26.0	24.0
pH	Unidad	7.2	7.3	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4
Fosfatos Totales	mg/l	14.0	13.8	16.1	17.8	14.8	13.2	18.0	18.8	15.0	13.7	14.6	14.0
D B O ₅	mg/l	366.0	316.0	308.0	390.0	430.0	415.0	371.0	403.0	289.0	228.0	324.0	460.0
D Q O	mg/l	1216.0	1162.0	1121.0	1263.0	1366.0	1170.0	1195.0	1283.0	996.0	899.0	1007.0	1186.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	34.0	32.0	33.0	41.0	34.0	21.0	19.0	21.0	20.0	11.3	23.0	29.0
Totales	mg/l	1666.0	1656.0	1691.0	1961.0	2019.0	1952.0	2178.0	2396.0	1805.0	1546.0	1605.0	1906.0
Fijos	mg/l	936.0	1038.0	1055.0	1184.0	1233.0	1114.0	1512.0	1672.0	1247.0	1080.0	1113.0	1200.0
Volátiles	mg/l	730.0	618.0	636.0	777.0	786.0	838.0	666.0	724.0	558.0	466.0	492.0	706.0
Totales	mg/l	497.0	426.0	465.0	633.0	651.0	598.0	561.0	651.0	507.0	367.0	406.0	687.0
Fijos	mg/l	120.0	127.0	127.0	175.0	192.0	178.0	123.0	215.0	194.0	121.0	141.0	216.0
Volátiles	mg/l	377.0	299.0	338.0	458.0	459.0	420.0	438.0	436.0	313.0	246.0	265.0	471.0
Totales	mg/l	1169.0	1230.0	1226.0	1328.0	1368.0	1354.0	1617.0	1745.0	1298.0	1179.0	1202.0	1219.0
Fijos	mg/l	816.0	911.0	928.0	1009.0	1041.0	936.0	1389.0	1457.0	1053.0	959.0	972.0	984.0
Volátiles	mg/l	353.0	319.0	298.0	319.0	327.0	418.0	228.0	288.0	245.0	220.0	230.0	235.0
Grasas y Aceites	mg/l	150.0	185.0	184.0	175.0	190.0	194.0	153.0	152.0	147.0	127.0	134.0	145.0

¹ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

Tabla VI-2. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
PROMEDIO MENSUAL²

E F L U E N T E													
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	198.0	196.0	200.0	210.0	198.0	205.0	237.0	240.0	210.0	212.0	211.0	151.0
Temperatura	° C	24.0	23.0	25.0	28.0	30.0	30.0	31.0	33.0	31.0	29.0	25.0	25.0
pH	Unidad	7.0	7.0	6.8	7.0	7.1	7.0	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
Turbiedad	Unidad	11.0	15.0	15.5	13.0	11.2	11.9	11.4	15.0	-	-	15.3	13.0
Fosfato (PO ₄)	mg/l	11.0	11.5	14.1	12.1	9.4	10.3	11.9	13.0	11.0	10.0	12.0	11.0
D Q O	mg/l	129.0	152.0	129.0	123.0	130.0	140.0	163.0	173.0	120.0	125.0	137.0	126.0
D B O ₅	mg/l	16.0	9.0	12.0	11.0	14.0	15.0	15.0	12.0	10.0	9.0	12.0	9.0
Totales	mg/l	1035.0	1045.0	1053.0	1167.0	1191.0	1062.0	1448.0	1549.0	1263.0	1080.0	1081.0	1132.0
Fijos	mg/l	841.0	888.0	866.0	980.0	1015.0	854.0	1196.0	1371.0	1124.0	938.0	966.0	1032.0
Volátiles	mg/l	194.0	157.0	187.0	187.0	176.0	208.0	252.0	178.0	139.0	142.0	115.0	100.0
Totales	mg/l	22.0	32.0	23.0	23.0	21.0	20.0	32.0	28.0	20.0	12.0	13.0	12.0
Fijos	mg/l	11.0	18.0	10.0	8.0	6.0	4.0	6.0	9.0	10.0	3.0	6.0	4.0
Volátiles	mg/l	11.0	14.0	13.0	15.0	15.0	16.0	26.0	19.0	10.0	9.0	7.0	8.0
Totales	mg/l	1013.0	1013.0	1030.0	1144.0	1170.0	1042.0	1416.0	1521.0	1243.0	1068.0	1068.0	1120.0
Fijos	mg/l	830.0	870.0	856.0	972.0	1009.0	850.0	1190.0	1362.0	1114.0	935.0	961.0	1028.0
Volátiles	mg/l	183.0	143.0	174.0	172.0	161.0	192.0	226.0	159.0	129.0	133.0	108.0	92.0
Grasas y Aceites	mg/l	24.0	31.0	48.0	28.0	20.0	63.0	40.0	23.0	15.0	17.0	15.0	6.0

² FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

Tabla VI-3. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL³

I N F L U E N T E													
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	262.0	246.0	248.0	254.0	247.0	268.0	288.0	294.0	242.0	277.0	255.0	211.0
Temperatura	° C	25.0	26.0	26.0	29.0	30.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.0	28.0	26.0
pH	Unidad	7.5	7.6	7.6	7.5	7.4	7.3	7.3	7.5	7.5	7.6	7.5	7.5
Fosfatos Totales	mg/l	20.0	20.6	21.0	19.0	21.0	18.0	21.0	28.0	20.0	18.0	19.0	18.0
D B O ₅	mg/l	520.0	520.0	440.0	520.0	550.0	650.0	450.0	480.0	410.0	320.0	450.0	563.0
D Q O	mg/l	1544.0	1480.0	1423.0	1560.0	1667.0	1545.0	1280.0	1676.0	1191.0	953.0	1282.0	1418.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	59.0	51.0	54.0	57.0	56.0	33.0	27.0	67.0	36.0	17.0	43.0	49.0
Totales	mg/l	2156.0	1864.0	2280.0	2272.0	2564.0	2288.0	2488.0	2784.0	2132.0	1707.0	1786.0	1959.0
Fijos	mg/l	1200.0	1192.0	1432.0	1380.0	1452.0	1312.0	1736.0	1944.0	1492.0	1202.0	1237.0	1347.0
Volátiles	mg/l	1028.0	756.0	1040.0	1284.0	1204.0	848.0	800.0	876.0	752.0	540.0	640.0	802.0
Totales	mg/l	832.0	638.0	992.0	992.0	868.0	860.0	684.0	800.0	732.0	480.0	536.0	772.0
Fijos	mg/l	264.0	296.0	320.0	228.0	320.0	296.0	172.0	276.0	300.0	164.0	188.0	260.0
Volátiles	mg/l	568.0	568.0	596.0	676.0	588.0	616.0	504.0	512.0	484.0	360.0	308.0	512.0
Totales	mg/l	1524.0	1568.0	1620.0	1608.0	1632.0	1500.0	1864.0	1852.0	1604.0	1256.0	1330.0	1392.0
Fijos	mg/l	1020.0	1072.0	1312.0	1188.0	1268.0	1156.0	1488.0	1652.0	1276.0	1048.0	1184.0	1168.0
Volátiles	mg/l	504.0	576.0	468.0	600.0	468.0	588.0	292.0	416.0	340.0	285.0	364.0	349.0
Grasas y Aceites	mg/l	314.0	295.0	628.0	290.0	239.0	268.0	174.0	175.0	163.0	174.0	196.0	205.0

³ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

Tabla VI-4. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MAXIMO MENSUAL⁴

		EFUENTE											
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	245.0	233.0	234.0	236.0	231.0	240.0	263.0	261.0	249.0	240.0	237.0	234.0
Temperatura	° C	26.0	26.0	27.0	30.0	31.0	33.0	33.0	34.0	32.0	30.0	27.0	26.0
pH	Unidad	7.1	7.1	7.0	7.1	7.3	7.1	7.2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.2
Turbiedad	Unidad	17.0	32.0	23.2	17.0	15.0	16.0	16.0	17.0	14.0	-	22.0	30.0
Fosfato (PO ₄)	mg/l	18.0	21.0	31.0	15.0	14.0	15.3	17.0	18.0	14.0	13.0	20.0	17.0
D Q O	mg/l	178.0	180.0	179.0	167.0	176.0	178.0	190.0	219.0	162.0	136.0	184.0	154.0
D B O ₅	mg/l	20.0	18.0	18.0	17.0	20.0	19.0	20.0	18.0	14.0	14.0	22.0	14.0
Totales	mg/l	1268.0	1224.0	1360.0	1296.0	1344.0	1368.0	1580.0	1696.0	1616.0	1296.0	1199.0	1272.0
Sólidos Totales	mg/l	1044.0	1056.0	1040.0	1168.0	1100.0	1176.0	1320.0	1508.0	1484.0	1104.0	1128.0	1175.0
	mg/l	332.0	320.0	388.0	288.0	316.0	284.0	460.0	196.0	216.0	192.0	200.0	172.0
Totales	mg/l	31.0	32.0	31.0	30.0	30.0	33.0	45.0	47.0	36.0	22.0	25.0	24.0
Fijos	mg/l	25.0	22.0	27.0	20.0	22.0	10.0	23.0	20.0	29.0	4.0	15.0	10.0
Suspendidos	mg/l	22.0	19.0	22.0	30.0	26.0	32.0	32.0	35.0	14.0	19.0	20.0	14.0
Totales	mg/l	1244.0	1197.0	1335.0	1274.0	1317.0	1345.0	1550.0	1680.0	1590.0	1288.0	1177.0	1259.0
Fijos	mg/l	1036.0	1036.0	1029.0	1168.0	1169.0	1126.0	1319.0	1509.0	1481.0	1068.0	1127.0	1120.0
Disueltos	mg/l	310.0	312.0	381.0	318.0	297.0	262.0	430.0	190.0	185.0	190.0	180.0	164.0
Grasas y Aceites	mg/l	37.0	66.0	57.0	57.0	38.0	161.0	62.0	36.0	20.0	23.0	28.0	12.0

⁴ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

Tabla VI-5. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL⁵

I N F L U E N T E													
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	155.0	126.0	189.0	192.0	165.0	195.0	244.0	220.0	186.0	180.0	123.0	61.0
Temperatura	° C	22.0	21.0	21.0	23.0	26.0	27.0	29.0	30.0	29.0	27.0	24.0	22.0
pH	Unidad	7.0	7.1	6.9	7.0	6.9	7.0	6.9	7.0	7.0	7.1	7.2	7.2
Fosfatos Totales	mg/l	9.0	11.0	11.0	12.0	11.0	9.0	15.0	13.0	11.0	9.0	9.0	11.0
D B O ₅	mg/l	250.0	230.0	220.0	210.0	270.0	220.0	320.0	270.0	180.0	140.0	215.0	330.0
D Q O	mg/l	1069.0	971.0	943.0	941.0	941.0	808.0	1098.0	1115.0	661.0	838.0	703.0	1019.0
Sólidos Sedimentables	ml/l	19.0	20.0	17.0	18.0	23.0	10.0	9.0	4.0	7.0	6.0	9.5	8.0
Totales	mg/l	1428.0	1376.0	1380.0	1492.0	1584.0	1600.0	1848.0	2152.0	1508.0	1284.0	1420.0	1630.0
Sólidos Totales	mg/l	800.0	732.0	816.0	836.0	1024.0	1004.0	1140.0	1420.0	1060.0	988.0	927.0	1109.0
Fijos	mg/l	604.0	328.0	348.0	500.0	512.0	576.0	528.0	556.0	388.0	392.0	377.0	521.0
Volátiles	mg/l	300.0	340.0	300.0	240.0	420.0	360.0	400.0	448.0	324.0	260.0	264.0	496.0
Totales	mg/l	48.0	48.0	44.0	76.0	80.0	108.0	100.0	160.0	100.0	52.0	76.0	148.0
Sólidos Suspendidos	mg/l	288.0	180.0	188.0	180.0	340.0	236.0	332.0	288.0	224.0	188.0	188.0	308.0
Fijos	mg/l	944.0	1036.0	996.0	1040.0	1076.0	1052.0	1328.0	1512.0	1012.0	1000.0	1064.0	1111.0
Volátiles	mg/l	512.0	720.0	652.0	712.0	900.0	694.0	1244.0	1300.0	858.0	812.0	851.0	814.0
Totales	mg/l	168.0	180.0	140.0	132.0	104.0	232.0	120.0	136.0	128.0	162.0	141.0	151.0
Grasas y Aceites	mg/l	74.0	114.0	101.0	86.0	76.0	111.0	132.0	134.0	134.0	78.0	112.0	110.0

⁵ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

Tabla VI-6. RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
VALOR MINIMO MENSUAL⁶

EFLUENTE													
	Unidad	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flujo	lps	142.0	170.0	182.0	189.0	161.0	168.0	215.0	213.0	106.0	185.0	126.0	51.0
Temperatura	° C	21.0	22.0	21.0	25.0	28.0	28.0	30.0	32.0	30.0	27.0	24.0	22.0
pH	Unidad	6.8	6.9	6.6	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0
Turbiedad	Unidad	8.0	9.0	8.3	7.0	7.0	8.0	8.0	12.0	-	-	10.0	7.5
Fosfato (PO ₄)	mg/l	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	10.0	9.0	8.0	8.0
D Q O	mg/l	84.0	103.0	89.0	85.0	98.0	100.0	130.0	135.0	65.0	113.0	98.0	107.0
D B O ₅	mg/l	7.0	7.0	2.0	6.0	7.0	11.0	9.0	7.0	7.0	5.0	5.0	4.0
	Totales	808.0	876.0	908.0	976.0	1024.0	716.0	1260.0	1352.0	1140.0	935.0	980.0	1005.0
Sólidos	Fijos	676.0	700.0	556.0	772.0	860.0	452.0	1000.0	900.0	840.0	868.0	828.0	940.0
Totales	Volátiles	120.0	64.0	60.0	92.0	72.0	128.0	140.0	116.0	88.0	112.0	75.0	65.0
	Totales	7.0	7.0	8.0	12.0	9.0	10.0	20.0	12.0	11.0	6.0	3.0	6.0
Sólidos	Fijos	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.0
Suspendidos	Volátiles	4.0	5.0	5.0	8.0	6.0	10.0	18.0	8.0	2.0	5.0	1.0	2.0
	Totales	794.0	683.0	706.0	945.0	1004.0	921.0	1323.0	1156.0	1067.0	932.0	970.0	961.0
Sólidos	Fijos	675.0	570.0	551.0	738.0	856.0	754.0	1070.0	1063.0	837.0	821.0	824.0	937.0
Disueltos	Volátiles	107.0	51.0	50.0	80.0	62.0	101.0	117.0	107.0	66.0	104.0	50.0	58.0
Grasas y Aceites	mg/l	5.0	14.0	10.0	9.0	8.0	32.0	30.0	14.0	4.0	11.0	4.0	3.0

⁶ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

A continuación se presenta un resumen de los valores registrados durante 1993 en AIMSU; planta con Sistema de Tratamiento Biológico de Tipo Convencional; estos datos serán útiles en el diseño de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla VI-7. VALORES PROMEDIO, MAXIMO Y MINIMO PRESENTADOS EN EL AÑO DE 1993 EN LA PLANTA DE AIMSU⁷

Parámetros		Promedio		Máximo Presentado		Mínimo Presentado	
		Influyente	Efluente	Influyente	Efluente	Influyente	Efluente
Temperatura	°C.	26.8	27.83	31	34	21	21
pH	Unidad.	7.25	7.05	7.6	7.3	6.9	6.6
Turbiedad	Unidad.		13.23	-	32	-	7
Fosfato (PO ₄)	mg/l.		11.44	-	31	-	7
DQO	mg/l.	1152.3	137.25	1676	219	661	65
DBO ₅	mg/l.	358.3	12.0	650	22	140	2
Sólidos Totales mg/l.	Totales	1865.3	1175.5	2784	1696	1284	716
	Fijos	1199.4	1005.9	1944	1508	732	452
	Volátiles	628.7	169.6	1284	460	328	64
Sólidos Suspendidos mg/l.	Totales	534.4	21.5	992	47	240	3
	Fijos	160.75	7.9	320	27	44	1
	Volátiles	376.6	13.58	616	35	180	2
Sólidos Disueltos mg/l.	Totales	1328	1154	1864	1680	944	683
	Fijos	1038	998	1652	1509	512	551
	Volátiles	290	156	600	430	104	50
Grasas y Aceites	mg/l.	161.3	27.5	628	161	74	3
Fosfatos Totales	mg/l.	15.31		28	-	9.0	-
Sólidos Sedimentables	ml/l.	26.5		67	-	4.0	-

⁷ FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

VI.2. ANALISIS GRAFICO DEL RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO

En las gráficas que a continuación se presentan podemos observar detalles muy importantes en los principales elementos constituyentes que se encuentran en el agua residual.

De acuerdo con el análisis realizado, primeramente en la **Gráfica VI-1** encontramos que el rango de temperatura se encuentra sobre los 20 °C que es el valor que normalmente en la literatura se recomienda para el diseño. Se puede observar que el promedio anual es de 27.31 °C con un máximo en el efluente de 34 °C y un mínimo en el Influyente de 21 °C.

En la **Gráfica VI-2** se observa el comportamiento del pH en el influente y efluente, el valor del potencial hidrógeno es muy estable y se presenta un máximo en el influente de 7.6 unidades y un mínimo de 6.6 en el efluente. El promedio es de 7.15 unidades.

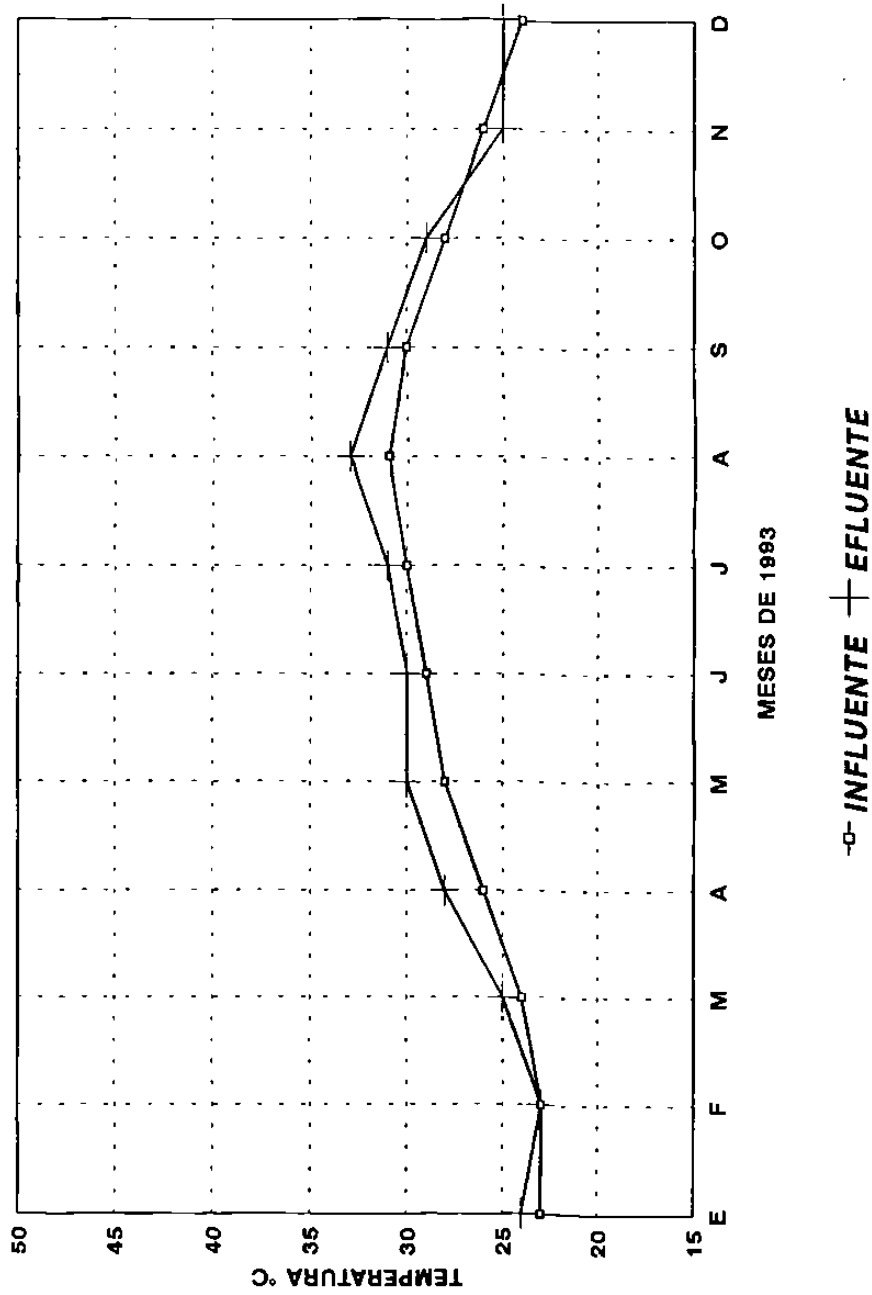
En cuanto a los nutrientes, los únicos que se monitorean son: el Fósforo, como Fosfatos Totales con un valor máximo de 28.0 mg/l y un mínimo de 9.0 mg/l en el Influyente y el Fosfato (PO_4) con un máximo de 31.0 mg/l y un mínimo de 7.0 mg/l en el efluente.

El Carbono relacionandolo con el parámetro de la DBO, se mantiene como promedio en el influente de 358.3 mg/l. Tomando en cuenta que un gran porcentaje del agua residual es industrial, el promedio de la DBO en el efluente tratado por este sistema es de 12.0 mg/l. (**Gráfica VI-4**).

Refiriendonos a la DQO encontramos según (Gráfica VI-5) el máximo presentado de 1675 mg/l en el influente y sale con un promedio anual de 137.25 mg/l. La eficiencia no permite descartar el sistema de tratamiento en sí, por el contrario aún pudiéndose realizar ciertos ajustes al tren de tratamiento.

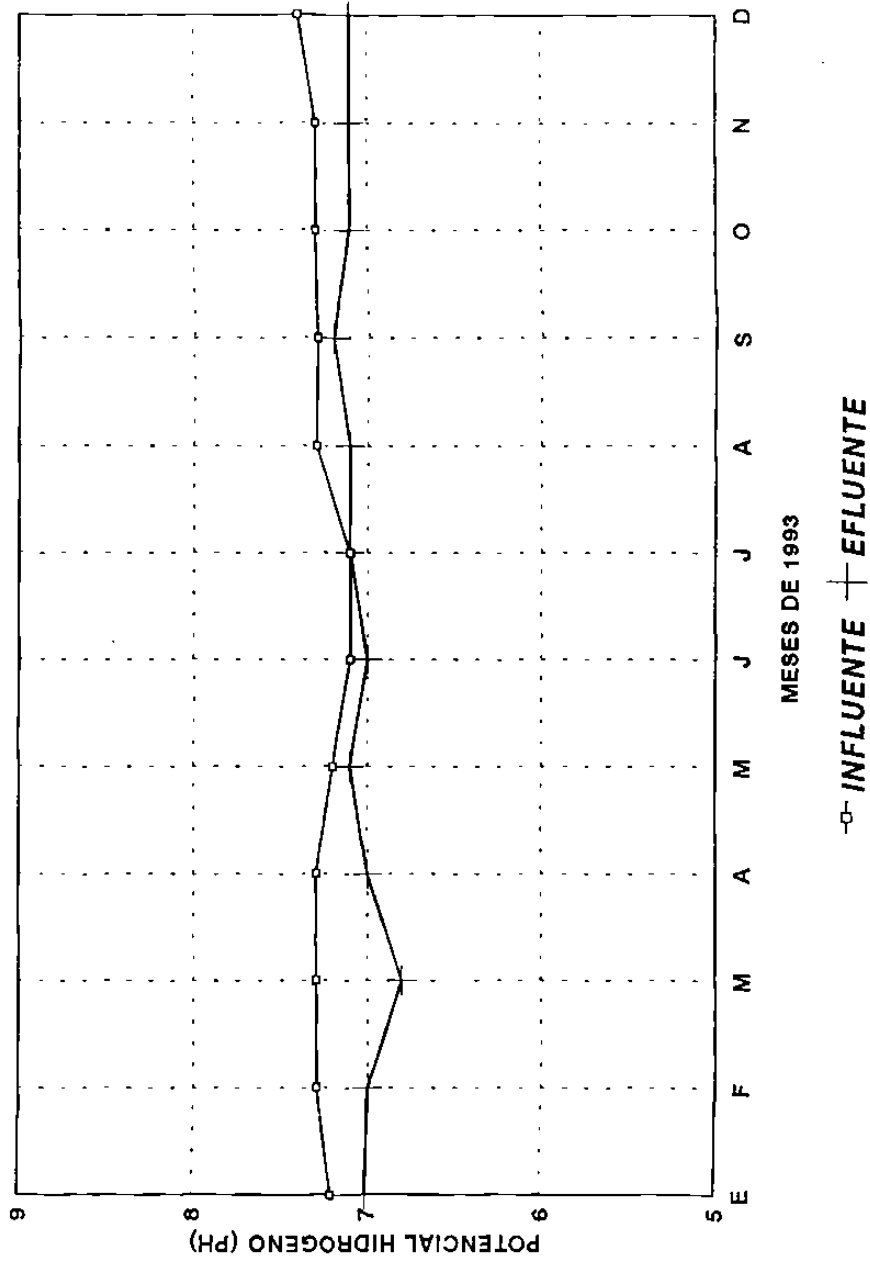
Otro de los parámetros importantes son los Sólidos Totales (ST) los cuales se presentan en promedio en 1865.3 mg/l. en el influente alcanzando máximos de 2784 mg/l. En el efluente se presentó un promedio de 1175.5 mg/l lo cual no es muy bueno y que es motivo de estudio sobre el sistema de tratamiento. Específicamente las diferentes formas de Sólidos se pueden analizar en las Gráficas VI-6, VI-7 y VI-8.

GRAFICA VI-1 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993 EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AMSU TEMPERATURA (°C) PROMEDIO MENSUAL



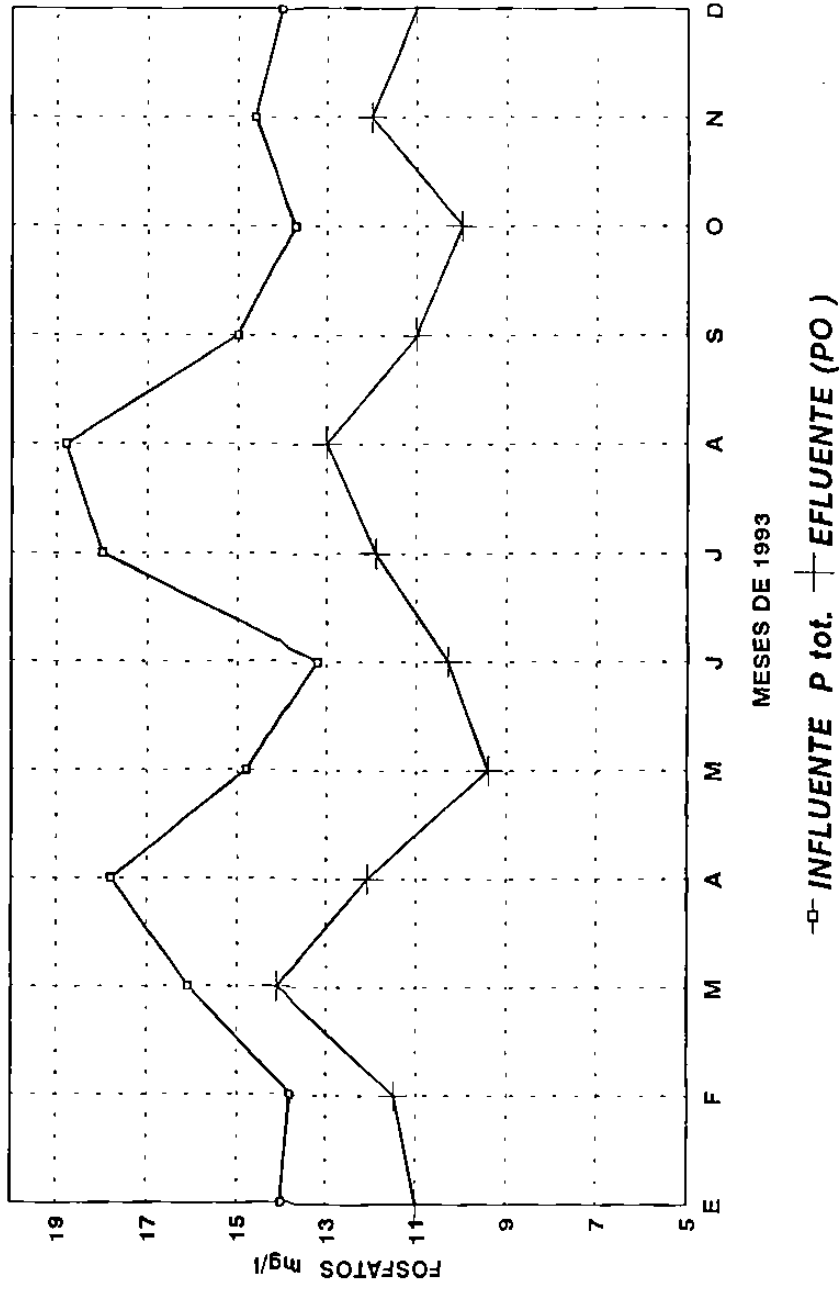
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

GRAFICA VI-2 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993 EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU POTENCIAL HIDROGENO (PH) PROMEDIO MENSUAL



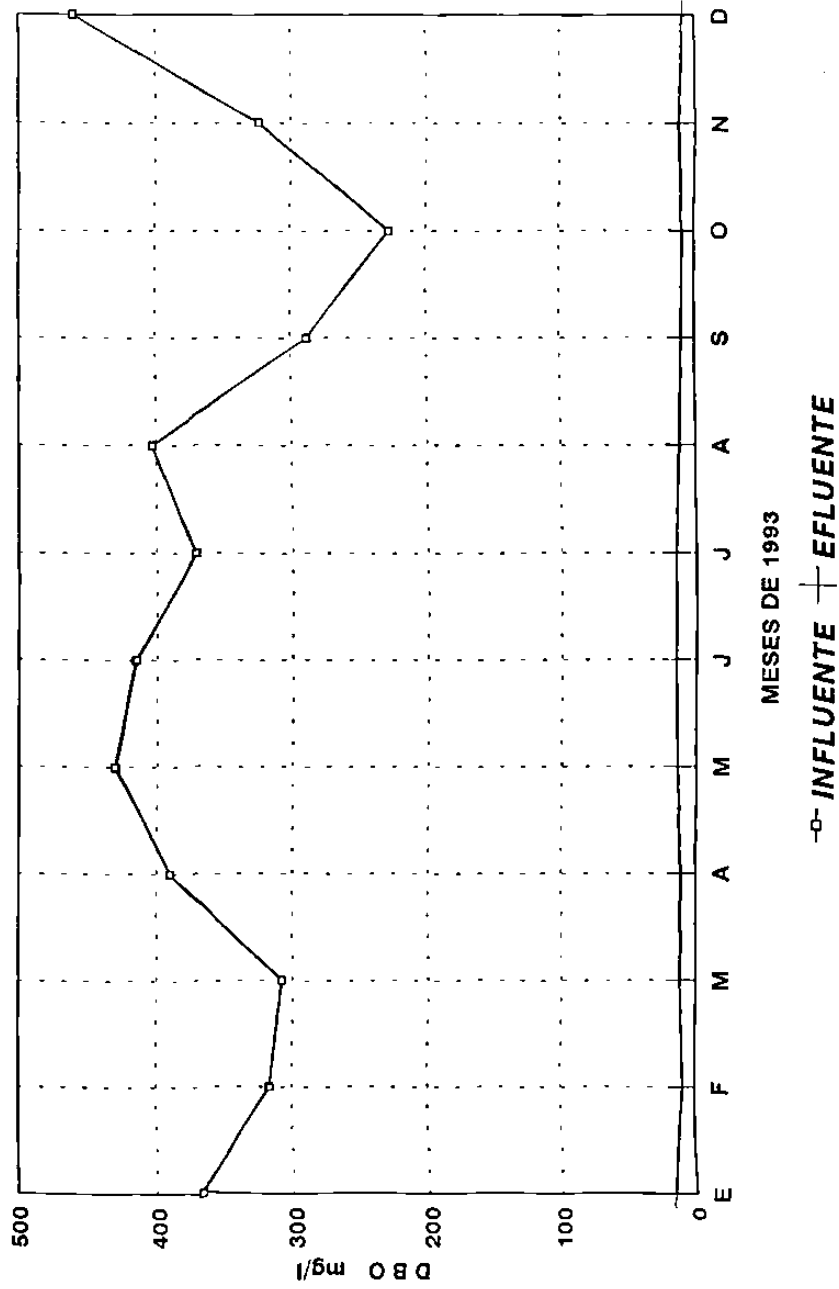
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-3 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
FOSFATOS COMO PO, Y TOTALES, PROMEDIO MENSUAL**



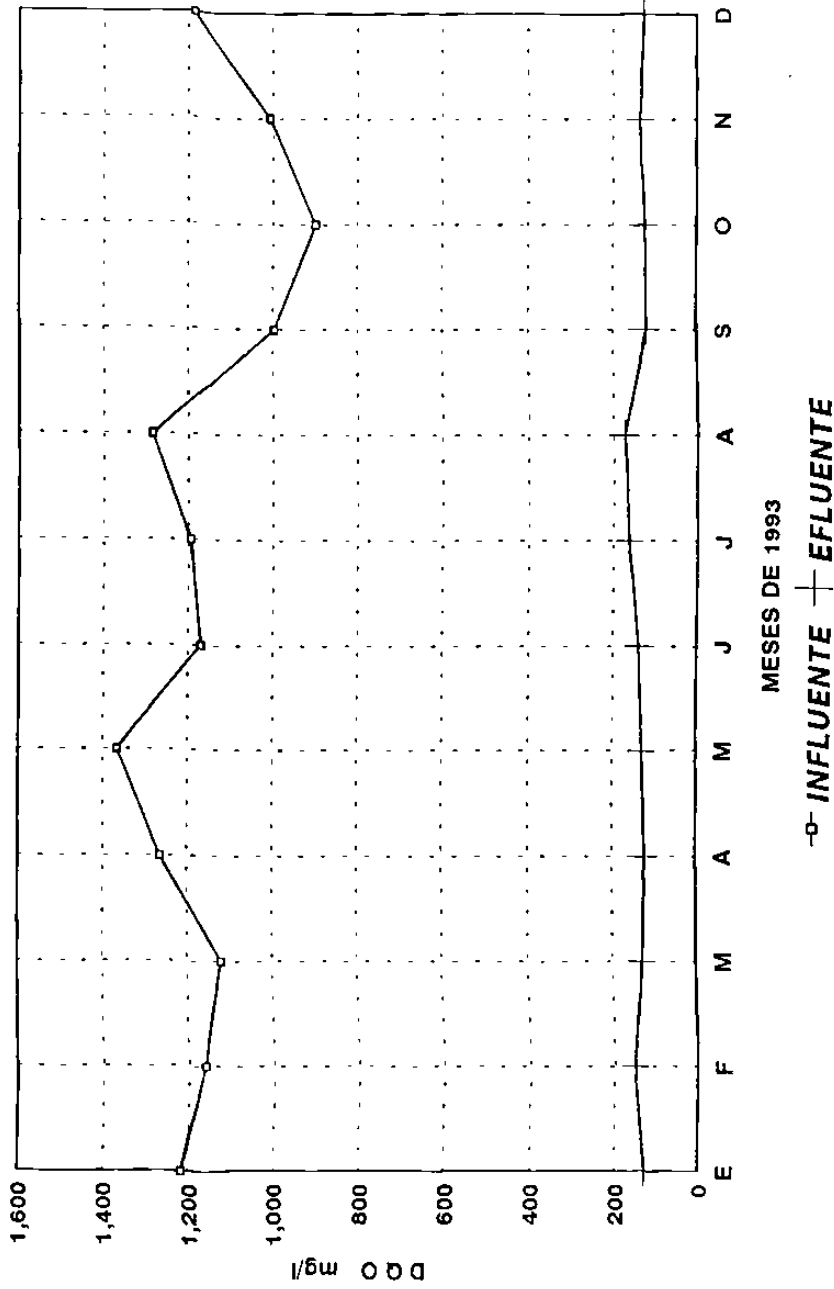
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-4 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO**



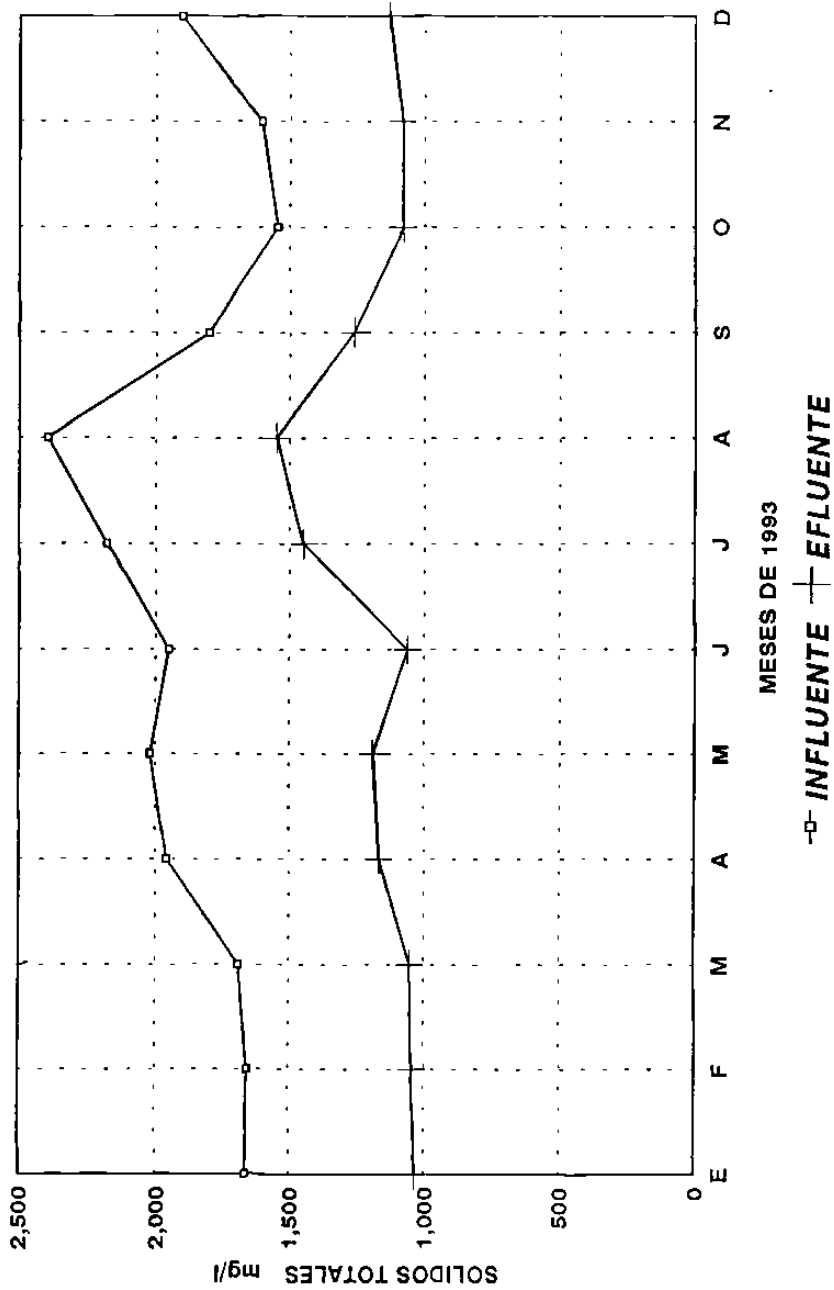
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-5 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO**



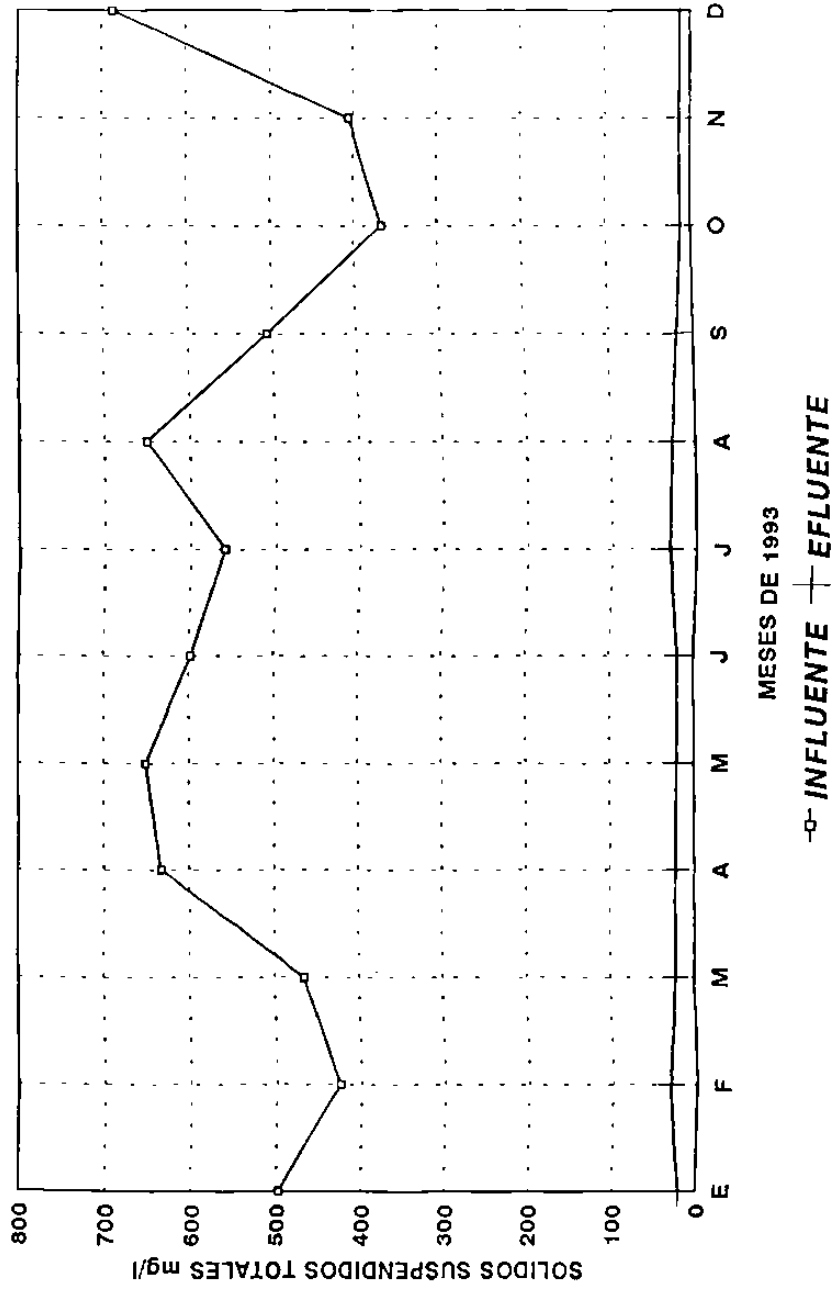
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-6 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
SOLIDOS TOTALES PROMEDIO MENSUAL**



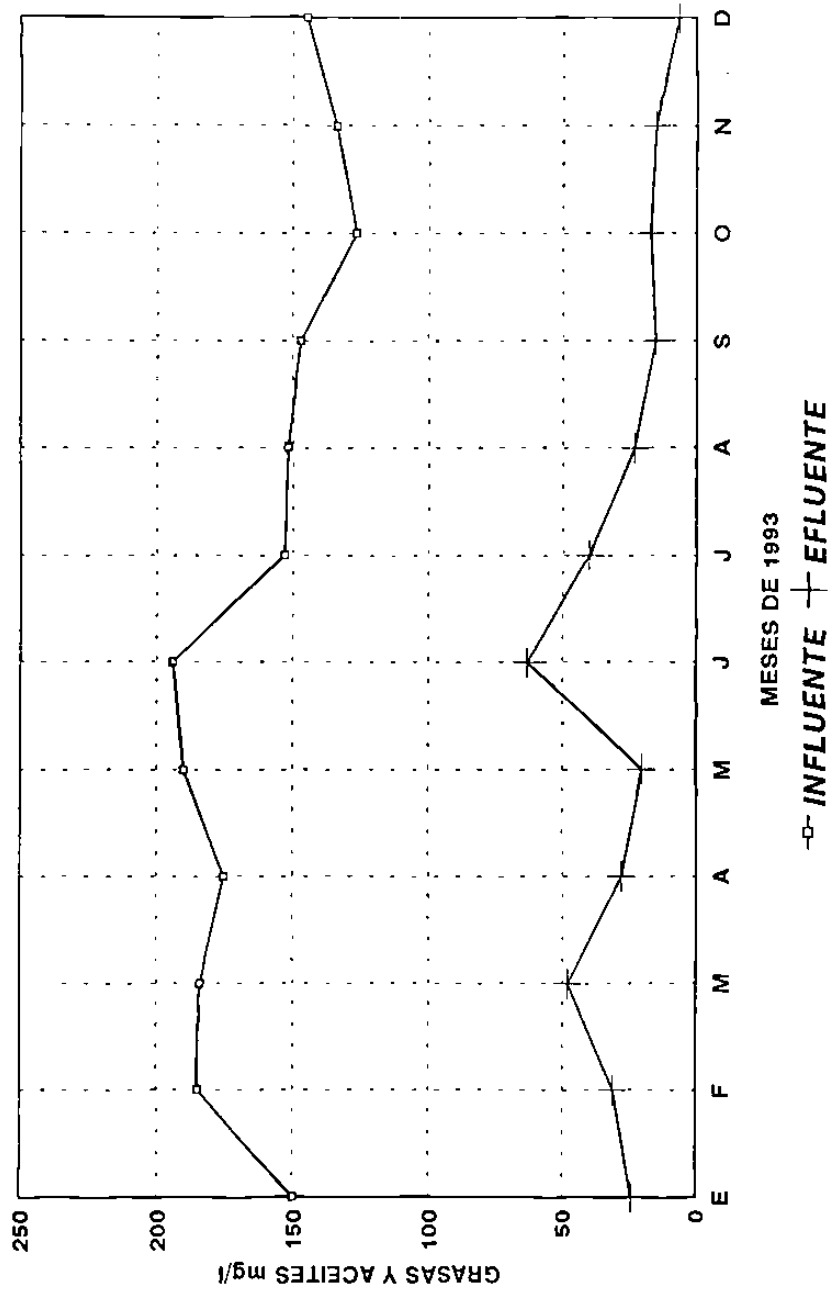
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

GRAFICA VI-7 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993 EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES PROMEDIO MENSUAL



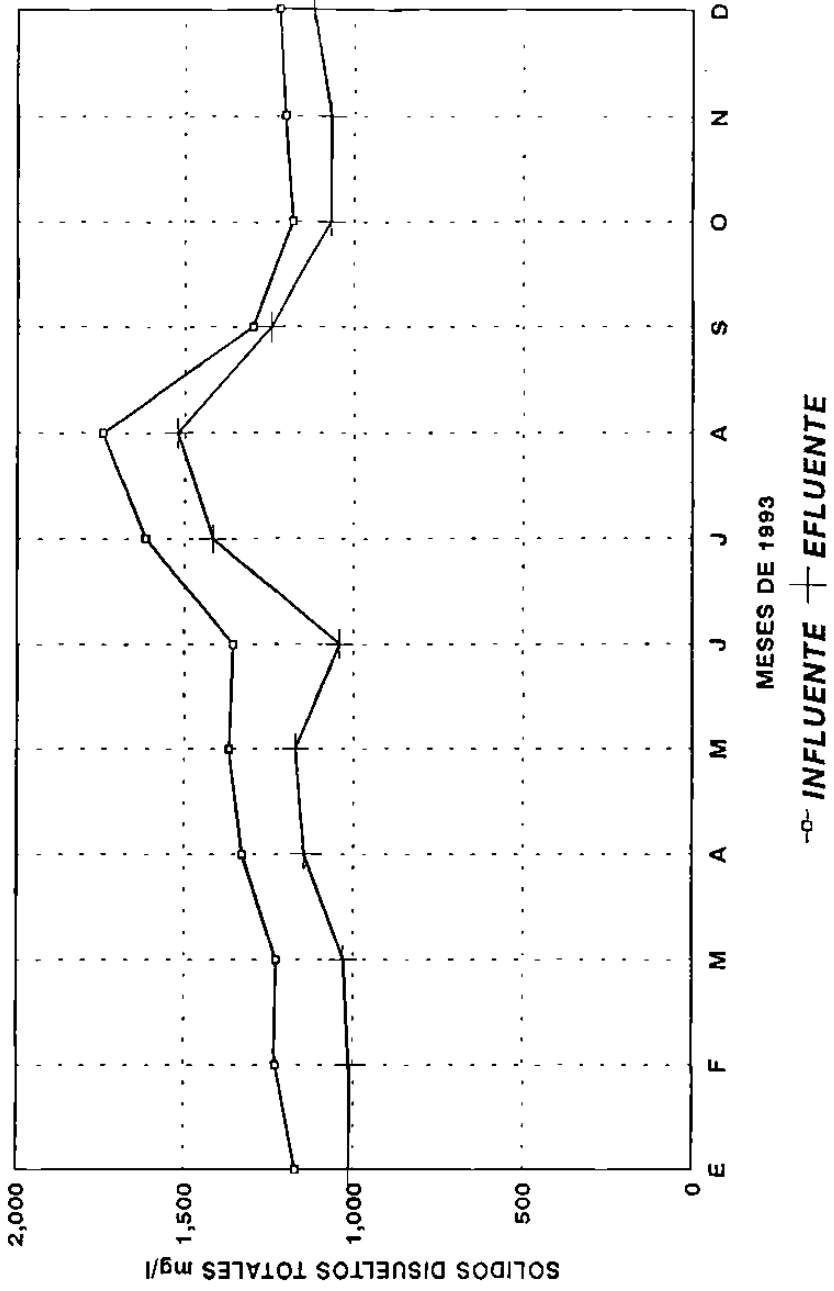
FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-9 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
GRASAS Y ACEITES PROMEDIO MENSUAL**



FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

**GRAFICA VI-8 RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DIARIO PARA 1993
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE AIMSU
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES PROMEDIO MENSUAL**



FUENTE: Archivos de Agua Industrial de Monterrey S. de U.

CAPITULO VII

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE PARA TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN PLANTA PILOTO SBR

VII. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE PARA TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN PLANTA PILOTO SBR

A continuación se describe el procedimiento de arranque para el sistema de tratamiento de aguas residuales por medio del **Reactor Biológico del tipo Secuencial Intermitente SBR** a nivel piloto para realizar el "*Estudio Comparativo de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Tipo Convencional con otro de Reactores Biológicos de Tipo Secuencial Intermitente*".

En términos generales, el sistema consta de tres tanques en serie separados físicamente en los cuales se encuentran instaladas las bombas que desplazan el agua residual de un tanque a otro. Además se cuenta con un sistema de aeración, otro de tuberías conectadas entre sí, y finalmente un sistema de control electrónico completamente automatizado el cual se encarga de registrar los diferentes estados y tiempos de reacción.

La Planta Piloto ocupa un área de 6.30 m². y 1.85 m de altura. El área se encuentra dividida en cuatro partes ocupadas por los tres tanques y la caseta de controles donde se alberga el compresor del sistema de aeración y el panel de control. (**Figura VII.1**)

VII.1. MATERIAL Y METODOS

VII.1.1. Material

El Sistema Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales está integrado por los siguientes elementos:

◆ Sistema de Bombas.

El sistema de bombas está compuesto por cuatro unidades utilizadas en cuatro fases diferentes:

La Primera, es colocada en el cárcamo de bombeo misma que abastece al primer tanque, el anaeróbico, se activa cada vez que el panel de control indica que debe accionarse para transferir el agua residual al tanque aeróbico (Reactor).

La Segunda, se encuentra instalada dentro del Tanque de Transferencia, se acciona automáticamente como consecuencia del excedente de agua en el tanque anaeróbico.

La Tercera, se encuentra en el tanque aeróbico (Reactor) y es usada para decantar el agua tratada después de que se haya completado el ciclo.

La Cuarta, se encuentra en el tanque aeróbico (reactor) y es usada para el retorno de lodo activado al tanque anaeróbico; se controla desde el panel de control al igual que las anteriores. (Figura VII-1)

◆ **Tanque Anaeróbico.**

El tanque donde se lleva a cabo la primera fase del tratamiento (Anaeróbica) se encuentra siempre lleno, únicamente cuando el reactor debe ser llenado la primera bomba se activa e introduce el influente a través de un tubo ubicado en la parte superior del tanque. En la parte superior tiene un segundo tubo con la entrada en la parte media (zona de aguas claras) lo que hace que el agua pase al segundo tanque; el de transferencia. (Figura VII-1)

◆ **Tanque de Transferencia.**

En el tanque de transferencia se encuentran dos tubos uno de entrada y otro de salida de los cuales uno sirve de interconexión con el tanque anaeróbico el cual conduce el agua residual influente, el otro tubo conectado a una bomba sumergible que transfiere el agua al tanque aeróbico (Reactor) la bomba sumergible es accionada por el panel de control mismo que es auxiliado por un sistema de flotadores como se indica en la Figura VII-1.

◆ **Tanque Aeróbico (Reactor).**

El reactor está equipado con: un sistema de aireación, sistema de mezclado, sistema de entrada del tanque de transferencia y un sistema de decantación con una bomba sumergible. Además de un sistema para el retorno de lodos. Todos los sistemas pueden ser manipulados manual o automáticamente a través del Panel de Control.

◆ **Caseta de Control**

La caseta alberga el Panel de Control a través del cual todo el sistema puede ser manipulado manual o automáticamente mediante la programación del sistema. El sistema de aireación también se encuentra dentro de la caseta. (Ver Anexo II)

◆ **Aireador**

El aireador se encuentra dentro de la caseta y cuenta con un compresor de aire y un sistema de conducción hacia el reactor, además de la intercomunicación con el panel de control.

◆ **Panel de Control**

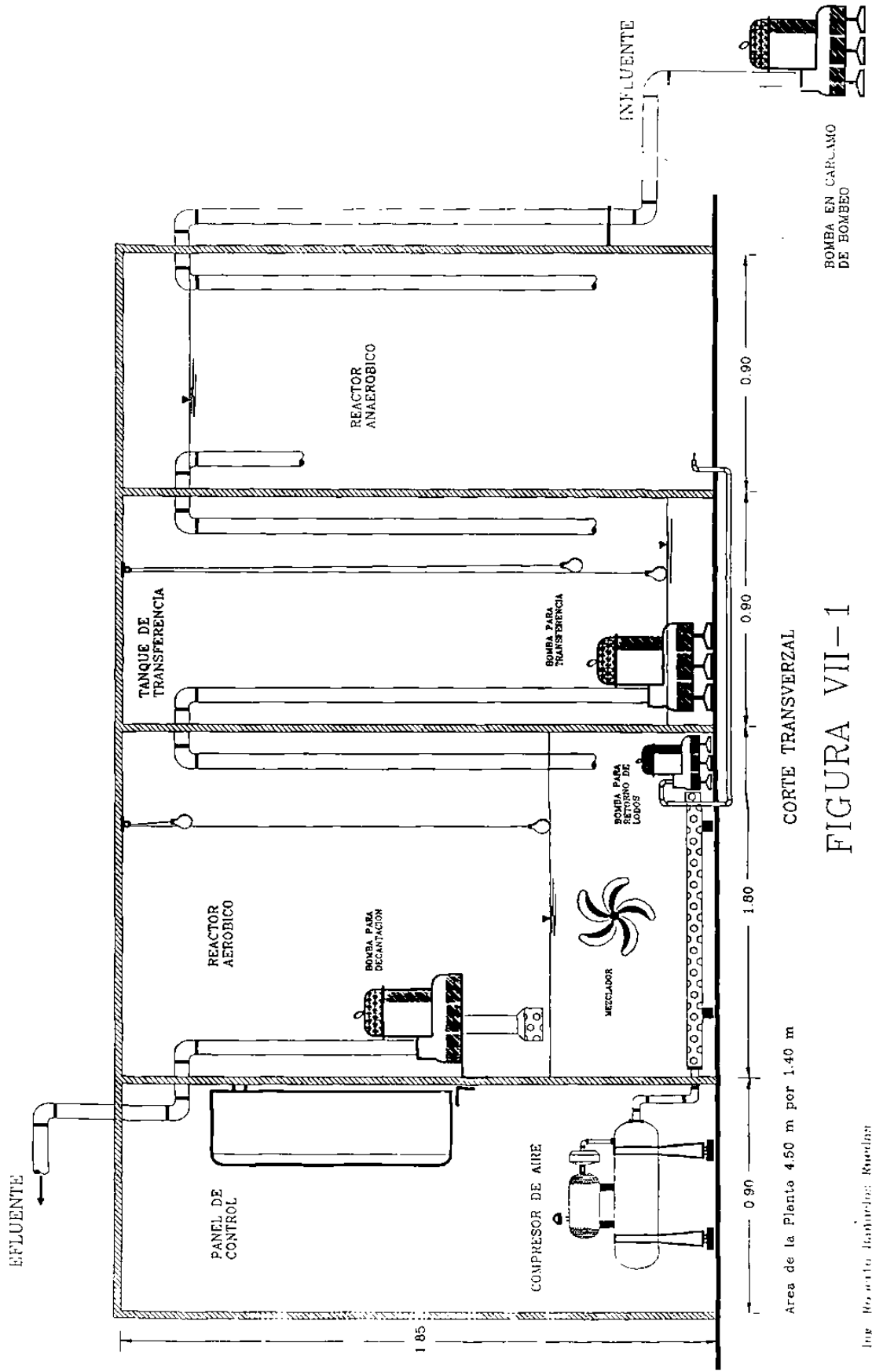
El Panel de Control es un sistema electrónico en el cual se cuenta básicamente con un sistema lógico y una memoria para base de datos, el sistema puede ser manipulado manualmente o previa programación para ser accionado automáticamente. El sistema de Control tiene la facilidad de poder ser accionado a control remoto o mediante una línea telefónica. (Ver Anexo II)

VII.1.2. Método

Marco Teórico-Metodológico.

La metodología de análisis y pruebas fue la misma que se especifica en los métodos reconocidos por las **Normas Oficiales Mexicanas** y/o por los **Métodos Estándar (APHA, AWWA, WPCF)**.

PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 POR MEDIO DE REACTORES BIOLÓGICOS DE TIPO
 SECUENCIAL INTERMITENTE



CORTE TRANSVERSAL

Area de la Planta 4.50 m por 1.40 m

FIGURA VII-1

VII.2 PROGRAMACION DE LA PLANTA PILOTO PARA SU ESTABILIZACION

El presente trabajo se desarrolló en tres etapas: la primera de ellas tubo como fin arrancar y estabilizar el reactor con biomasa propia del sistema y características del agua residual, preferentemente para que existiera similitud con el sistema de tratamiento de Agua Industrial de Monterrey S. de U. con la cual se realizó la comparación. La segunda y tercera etapa consistieron en realizar los análisis físico-químicos para determinar eficiencia de un sistema sobre el otro.

La Caracterización fisicoquímica del agua residual influente utilizada para determinar los diferentes tiempos del ciclo de tratamiento en la planta piloto con el sistema SBR, son los valores dados en la **Tabla VII-1**. Para la evaluación y muestreo se utilizaron los métodos reconocidos por las **Normas Oficiales Mexicanas y/o** las técnicas analíticas propuestas por los **Métodos Estándar (*Standard Methods*)**.

Los análisis realizados al agua residual influente y efluente durante la fase de estabilización en el reactor aeróbico fueron los siguientes: Temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Sedimentables. Además durante este mismo período continuamente se revisó la consistencia de los lodos al inicio y al final de cada ciclo, mediante una prueba de sedimentación.

Tabla VII-1
REPORTE DE ANALISIS FISICO-QUIMICO
AGUA INDUSTRIAL DE MONTERREY S. DE U.
FEBRERO DE 1994

Parámetros	Unidad	Agua Cruda			Efuyente Primario			Efuyente Secundario		
		Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom
Temperatura	°C	25	22	23				25	20	23
Turbiedad	SiO ₂ ppm							21	6.5	11.5
Olor										
Color	Pt.Co.							125	125	125
pH (1) Antes de hervir		7.4	7.3	7.4	7.4	7.0	7.2	7.3	7.0	7.2
pH (2) Después de hervir										
Cloro Residual	Cl ₂ ppm							1.2	1.0	1.1
Alcalinidad Hidróxidos	CaCO ₃ ppm							0.0	0.0	0.0
Alcalinidad Carbonatos	ppm							0.0	0.0	0.0
Alcalinidad Bicarbonatos	ppm							351	285	322
Alcalinidad Total	ppm							351	285	322
Dureza Temporal	ppm							351	285	322
Dureza Permanente	ppm							54	19	35
Dureza Total	ppm							374	339	357
Dureza Calcio	ppm							319	264	289
Dureza Magnesio	ppm							95	42	68
Calcio	Ca ppm							128	106	116
Magnesio	Mg ppm							22	10	17
Cloruros	Cl ppm							296	213	253
Sulfatos	SO ₄ ppm							142	131	134
Orto-Fosfatos	PO ₄ ppm	19	10	15				17	8.6	12.7
Detergentes	A.B.S. ppm	39	24.7	31.9				7	3.4	5.6
Conductividad	mmohs/cm							2491	1267	1751
Sólidos Sedimentables	S.Sed. ml/l	40	9.0	22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos Disueltos Totales	SDT ppm	1348	1088	1185				1168	912	1026
Sólidos Disueltos Fijos	SDF ppm	986	802	893				1049	764	881
Sólidos Disueltos Volátiles	SDV ppm	321	217	292				172	119	145
Sólidos Suspendidos Totales	SST ppm	652	304	514				20	11	14
Sólidos Suspendidos Fijos	SSF ppm	280	92	160				10	1.0	5.0
Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV ppm	408	212	354				15	5.0	9.0
Sólidos Totales	ST ppm	1936	1442	1699				1188	926	1040
Sólidos Totales Fijos	STF ppm	1220	894	1053				977	768	886
Sólidos Totales Volátiles	STV ppm	713	548	646				181	101	154
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ppm	500	260	374				12	6.0	10
Demanda Química de Oxígeno	DQO ppm	1429	1000	1161	640	413	515	148	107	126
Estabilidad Relativa	E.R. días									
Grasas y Aceites	G y A ppm	167	116	131				27	4.0	11
Fierro Total	Fe ppm	1.4	0.5	0.7				0.7	0.1	0.4
Fierro Disuelto	Fe ppm									
Sílice	SiO ₂ ppm							17.1	9.5	13.0

Basándonos en la información anterior, se programó la planta piloto para su estabilización en la forma siguiente:

- ◆ Se tratará un volumen diario de 3.5 m³.
- ◆ Los intervalos de aireación serán de 15 min.
- ◆ Los intervalos de mezclado serán de 0.0 min. por tener como objetivo solamente la creación de la semilla.
- ◆ El tiempo de Sedimentación será de 60 minutos.
- ◆ Los segmentos del aireador entre encendido/apagado serán de 10 minutos prendido; 5 minutos apagado.
- ◆ Los segmentos de llenado del tanque será de 75 segundos de entrada de agua por 240 minutos sin recibir agua el reactor.
- ◆ Se pretende lograr con esto, al estar estabilizada la planta una calidad de efluente en la relación DBO/SST de 20/20 mg/l.

CAPITULO VIII

R E S U L T A D O S

VIII. RESULTADOS

El desarrollo de la investigación ha sido dividido en **tres etapas** para su estudio. La primera, consiste en la puesta en marcha del Sistema Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Reactores Biológicos del tipo Secuencial Intermitente **SBR**. La segunda y tercera etapa consistieron en el **Estudio Comparativo** de los dos sistemas mediante la realización de pruebas en campo y laboratorio para determinar algunos de los parámetros más importantes considerados como indicadores para la evaluación de la eficiencia en ambos sistemas.

A continuación se describen cada una de las etapas; cabe mencionar que no se reportan en su totalidad los fenómenos observados, sino los más importantes para lograr el objetivo de la investigación.

VIII.1. PRIMERA ETAPA

Esta etapa tuvo por objeto la puesta en marcha del sistema piloto de tratamiento de aguas residuales por medio de reactores biológicos del tipo secuencial intermitente SBR.

El primer reactor, el anaeróbico, se alimentó con agua residual cruda proveniente del cárcamo de bombeo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Agua Industrial de Monterrey S. de U. El arranque para este reactor se llevó a cabo paralelamente con el reactor aeróbico.

El primer intento de arranque en el reactor aeróbico fue utilizando agua cruda tomada directamente del cárcamo de bombeo de la planta de AIMSU, sin embargo a los veinte días de iniciado el proceso la planta no presentaba señales de estabilidad pues las pruebas de sedimentación en el reactor eran muy deficientes.

Posteriormente se decidió acelerar el proceso, para lo cual se optó por llenar el reactor con el lodo de retorno de la planta de tratamiento del tipo convencional de AIMSU con la cual se realizaría la comparación. Los resultados no se hicieron esperar, en los ocho primeros días la prueba de sedimentación de lodos fue positiva y en los ocho días siguientes el comportamiento en las pruebas de sedimentación fue constante, logrando una relación **líquido/sólido** de **3:1** en el licor mezclado.

VIII.2. SEGUNDA ETAPA

La segunda etapa consistió en realizar los análisis en el laboratorio. El Sistema Piloto se programó para un Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) de 9.25 horas; por lo tanto las muestras fueron tomadas cada 18.5 horas.

Dichos análisis consistieron en determinar el valor de los siguientes Parámetros:

- * Nitrógeno Orgánico
- * Nitrógeno Amoniacal
- * Nitrógeno como Nitrito
- * Nitrógeno como Nitrato
- * Fosfatos Totales
- * Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- * Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- * Sólidos Totales, Totales Volátiles y Totales Fijos.
- * Sólidos Suspendidos Totales, Suspendidos Volátiles y Suspendidos Fijos.
- * Grasas y Aceites
- * Potencial Hidrógeno.

Se realizaron los análisis a 7 muestras consecutivas estando estabilizado el sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo SBR.

La Planta Piloto se programó para las siguientes condiciones:

- * Volumen por tratar para cada ciclo de 1.87 m³.
- * Los intervalos de **Aireación** de 15 minutos.
- * Los intervalos de **Mezclado** de 15 minutos.
- * El tiempo de **Sedimentación** de 60 minutos.
- * No existe desecho de lodos por tener relativamente poco tiempo el sistema piloto de tratamiento en funcionamiento, pues en este caso se requiere la acumulación.
- * Los segmentos del aireador entre **encendido/apagado** fueron de 15 minutos.
- * Los segmentos de llenado del tanque fueron de 75 segundos de entrada de agua (311.7 litros) por 80 minutos de reacción en el reactor sin recibir agua.
- * El Retorno de Lodos fue del 100 %.

A continuación se presentan los reportes de los análisis en el laboratorio para las diferentes determinaciones realizadas durante la segunda etapa.

Tabla VIII-1

SEGUNDA ETAPA RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR NITROGENO EN TODAS SUS FORMAS Y FOSFATOS TOTALES EN mg/l.								
		Número de Muestreo						
Parámetro	Tipo de muestra	1	2	3	4	5	6	7
Nitrógeno Orgánico mg/l	ARC	13.72	10.52	17.29	20.88	18.81	9.00	5.88
	SBR	1.12	2.52	1.96	2.85	3.81	0.00	0.00
	STC	4.2	2.35	1.57	3.64	2.29	0.00	0.00
Nitrógeno Amoniacal mg/l	ARC	16.63	12.09	16.29	18.59	12.65	17.36	16.52
	SBR	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1.4	1.12
	STC	19.60	20.10	19.09	16.0	15.34	12.77	9.24
Nitrógeno Total Kjendhal mg/l	ARC	30.35	22.61	33.58	39.47	31.46	26.36	22.4
	SBR	2.68	2.52	1.96	2.85	3.81	1.40	1.12
	STC	23.80	22.45	20.66	19.64	17.63	12.17	9.24
Nitrógeno como Nitritos mg/l	ARC	0.00	0.06	0.011	0.002	0.002	0.00	0.00
	SBR	0.082	0.066	0.007	0.037	0.02	0.01	0.01
	STC	0.070	0.064	0.005	0.005	0.005	0.00	0.00
Nitrógeno como Nitratos	ARC	0.20	2.3	0.44	0.36	0.46	0.20	0.20
	SBR	0.32	2.2	2.4	4.4	2.0	0.14	0.30
	STC	0.10	1.2	0.2	0.16	0.12	0.14	0.20
Fosfatos Totales mg/l	ARC	17.6	12.5	30.5	115.8	37.5	50.0	50.0
	SBR	6.2	12.2	16.7	82.8	12.3	8.8	40.0
	STC	9.7	8.6	21.9	21.9	6.2	12.0	6.0

* Muestras tomadas cada 18.5 horas a partir del 15 de Mayo de 1994.

Donde:

ARC Agua Residual Cruda
SBR Reactor del Tipo Secuencial Intermitente Planta Piloto.
STC Sistema del Tipo Convencional AIMSU.

Tabla VIII-2

SEGUNDA ETAPA EFICIENCIA EN REMOCION DE NUTRIENTES (%)								
Parámetro	Número de Muestra							
		1	2	3	4	5	6	7
Nitrógeno Orgánico	SBR	92	76	89	86	79	100	100
	STC	69	78	91	83	88	100	100
Fosfatos Totales	SBR	65	2	45	29	67	82	2
	STC	45	31	28	81	83	76	88
Nitrógeno Total Kjendhal NTK	SBR	91	89	94	93	88	95	95
	STC	22	0	38	50	44	54	58

Tabla VIII-3

SEGUNDA ETAPA RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR LA DQO y DBO ₅ .								
Parámetro	Tipo de muestra	Número de Muestreo						
		1	2	3	4	5	6	7
Demanda Química de Oxígeno mg/l	ARC	1786	1554	854.36	1192	1076.9	1436.8	815.41
	SBR	135.92	97.08	77.66	76.9	57.69	58.25	58.25
	STC	154	145.63	38.83	86.53	105.76	97.08	97.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l	ARC	*	*	*	*	*	*	*
	SBR	*	*	*	*	*	*	*
	STC	*	*	*	*	*	*	*

* La DBO no fué posible determinarla debido a que durante la realización de los análisis las muestras de la DBO fueron averiadas.

Tabla VIII-4

SEGUNDA ETAPA RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR SOLIDOS TOTALES								
		Número de Muestreo						
Parámetro	Tipo de muestra	1	2	3	4	5	6	7
Sólidos Totales mg/l	ARC	2495	1740	2476	1564	1388	1724	1532
	SBR	1136	792	2116	964	892	964	992
	STC	1153	804	1956	312	896	828	916
Sólidos Totales Volátiles mg/l	ARC	662	1140	440	1032	596	712	612
	SBR	172	296	136	596	560	120	152
	STC	190	240	68	32	528	140	92
Sólidos Totales Fijos mg/l	ARC	1833	600	2036	532	792	1012	920
	SBR	964	496	1980	368	332	844	840
	STC	963	564	1888	280	368	688	824

Tabla VIII-5

SEGUNDA ETAPA RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR SOLIDOS SUSPENDIDOS								
		Número de Muestreo						
Parámetro	Tipo de muestra	1	2	3	4	5	6	7
Sólidos Suspendidos Totales mg/l	ARC	980	1096	400	432	228	568	356
	SBR	12	3	52	26	15	7	3
	STC	56	100	6	13	22	10	9
Sólidos Suspendidos Volátiles mg/l	ARC	634	816	260	204	80	520	240
	SBR	5	2	8	9	8	5	1
	STC	36	28	2	2	16	6	6
Sólidos Suspendidos Fijos mg/l	ARC	346	280	140	228	148	48	116
	SBR	7	1	44	17	7	2	2
	STC	20	72	4	11	6	4	3

Tabla VIII-6

SEGUNDA ETAPA RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR GRASAS Y ACEITES, pH y TEMPERATURA.								
	Número de Muestreo							
Parámetro	Tipo de muestra	1	2	3	4	5	6	7
Grasas y Aceites mg/l	ARC	72	26.1	85.5	92.2	56.3	88.5	40.8
	SBR	7	14	33.4	14.6	17	11.4	8.3
	STC	17	13.9	29.3	14.7	18.0	10.5	5.0
Potencial Hidrógeno mg/l	ARC	7.4	7.5	7.6	7.6	7.5	7.3	7.6
	SBR	7.4	7.5	7.4	7.4	7.6	7.6	7.6
	STC	7.6	7.6	7.5	7.6	7.4	7.4	7.5
Temperatura °C	ARC	*	*	*	*	*	*	*
	SBR	34	32	34	34	33	34	34
	STC	*	*	*	*	*	*	*

* Lecturas no registradas.

VIII.3. ANALISIS GRAFICO DEL RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DE LA SEGUNDA ETAPA.

En las gráficas que a continuación se presentan podemos observar detalles muy importantes en los parámetros determinados en el Influyente y Efluente de los sistemas en estudio.

En las **Gráficas VIII-1 y VIII-2** se puede analizar la eficiencia en la remoción de Nitrógeno Orgánico, donde se obtuvo una eficiencia en el sexto día del 100 %. La muestra en el influente fue compuesta y corresponde a las 9 horas de tiempo de retención hidráulica.

La remoción del Nitrógeno Amoniacal fué mucho más efectiva en el sistema de tratamiento biológico del tipo secuencial SBR (**Gráfica VIII-3**), pues no se detectó en cuatro de los siete análisis realizados. En cambio en el sistema de tratamiento Convencional la presencia del Nitrógeno aun fue muy alta y en algunos casos superior a la concentración del Influyente lo cual hace suponer que el proceso de tratamiento del sistema convencional en la eliminación de nitrógeno aun no se había concluido.

Una forma más efectiva de cuantificar la eficiencia en la remoción del Nitrógeno entre ambos sistemas es el análisis de la concentración de Nitrógeno Total Kjendhal en el agua residual Influyente y Efluente tratado de cada uno de los sistemas. Valores que son presentados en las **Gráficas VIII-4 y VIII-5** en las cuales se puede observar una remoción promedio del Sistema SBR de 92 % sobre una del Sistema Convencional de 46 % lo cual puede ser considerado como muy bajo.

La concentración de Nitrógeno en forma de Nitrito y Nitrato no puede ser considerada para comparar los dos sistemas puesto que los ciclos de tratamiento son relativamente diferentes y a la presencia transitoria del Nitrógeno en estas formas. Lo que se considera es la presencia del Nitrógeno Total Kjendhal en la descarga de cada uno de los sistemas.

La presencia del Fósforo como Fosfatos Totales ha sido evaluada en el estudio encontrando que los dos sistemas son relativamente deficientes en la remoción de Fósforo. En los siete análisis realizados durante esta etapa se encontró una variación muy alta en los resultados, como se puede ver en la **Gráfica VIII-8 y VIII-9**. es importante señalar que las características físico químicas del agua residual son muy variantes durante el día

En la comparación de los sistemas fue necesario tomar en cuenta la evaluación de la Demanda Química de Oxígeno en el Agua Residual Influyente y Efluente tratado para con ello determinar la Eficiencia de cada uno de los Sistemas en estudio. La **Gráfica VIII-10** presenta los valores encontrados en los análisis de la segunda etapa. La remoción de DQO fue muy similar en los dos sistemas.

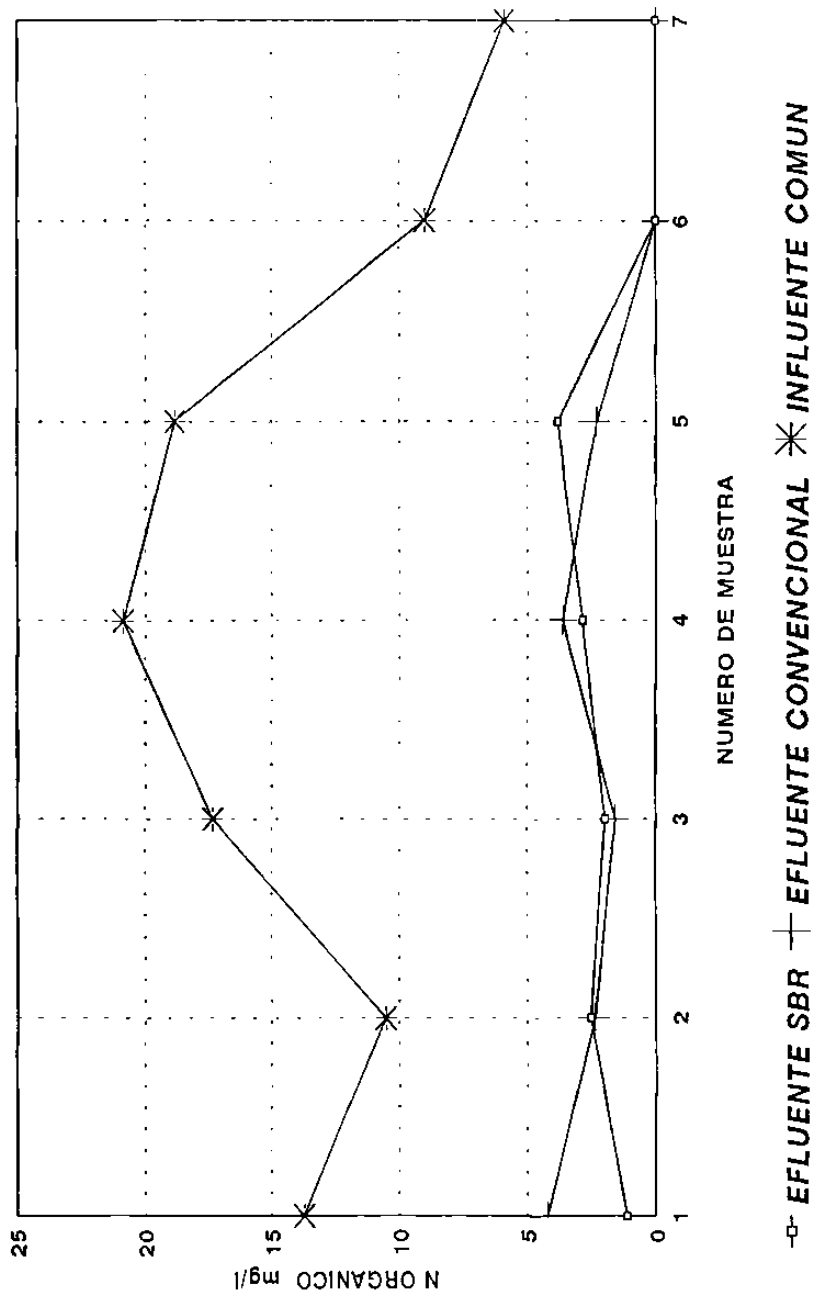
La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno fue realizada, sin embargo no fue posible obtener valores confiables por lo que se decidió no presentarlos.

La cuantificación de Sólidos en todas sus formas fue realizada en todas las muestras que incluyen la segunda etapa. Refiriéndonos específicamente a los Sólidos Suspendidos podemos decir que se han logrado buenos resultados. Primeramente en lo que respecta a los Sólidos Suspendidos Totales la eficiencia fue muy similar en los dos sistemas de tratamiento alcanzando un 95 % en promedio para el Sistema Convencional y de 96 % para el SBR. El Comportamiento fue igual para los Sólidos Suspendidos Volátiles y Suspendidos Fijos mayor al 95 % en ambos sistemas. Las **Gráficas VIII-12** a la **VIII-17** presentan los valores obtenidos en los análisis.

Por otro lado la Remoción de Grasas y Aceites se dio de un valor máximo encontrado de 92.2 mg/l en la entrada a cada uno de los sistemas de tratamiento a un valor de 14.0 mg/l en la salida para ambos sistemas. (Ver **Gráfica VIII-18**) Es importante mencionar que las características del agua residual influente para los dos sistemas en estudio son muy variables y el valor promedio en cualquier parámetro es muy diferente de un valor máximo o mínimo presentado.

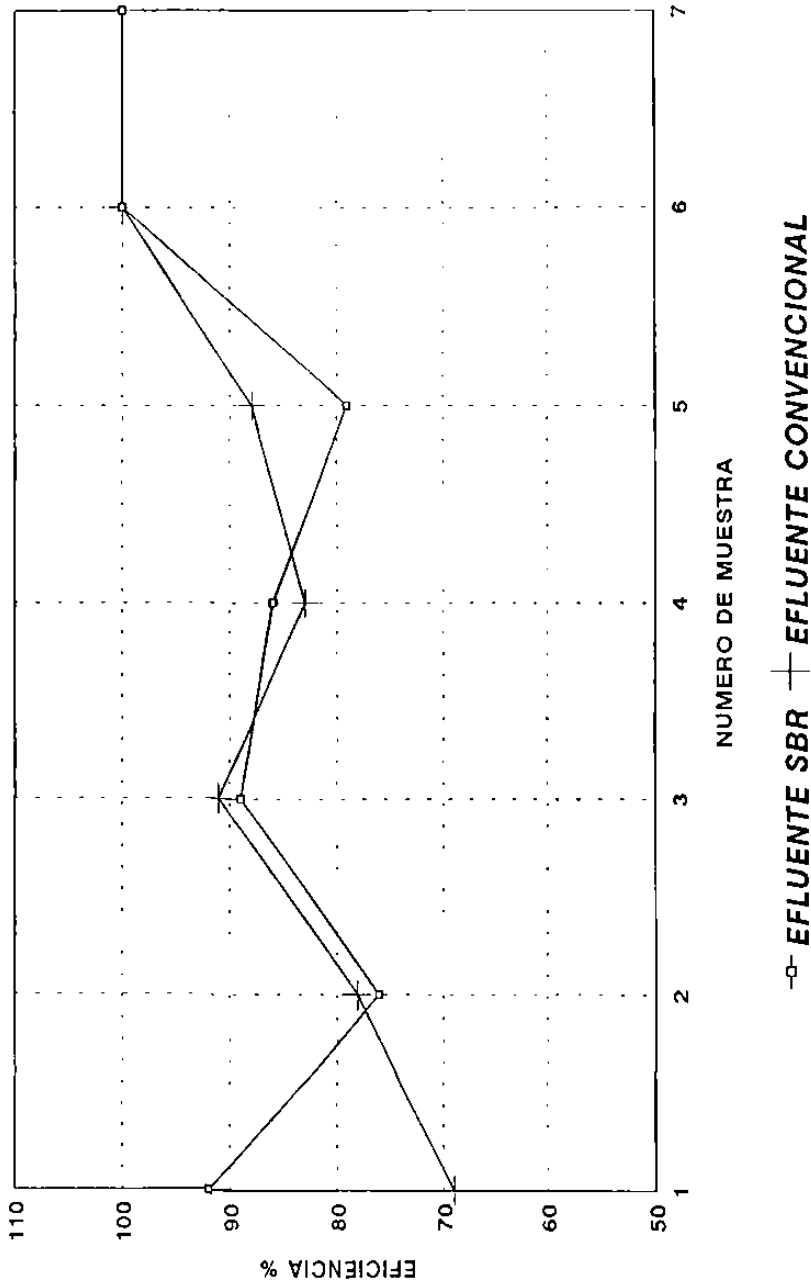
El valor del Potencial Hidrógeno se encontró entre 7.3 y 7.6 unidades de pH lo que hace ver que está dentro del rango recomendado para un buen ambiente microbiológico. **Gráfica VIII-19**.

GRAFICA VIII-1 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE NITROGENO ORGANICO



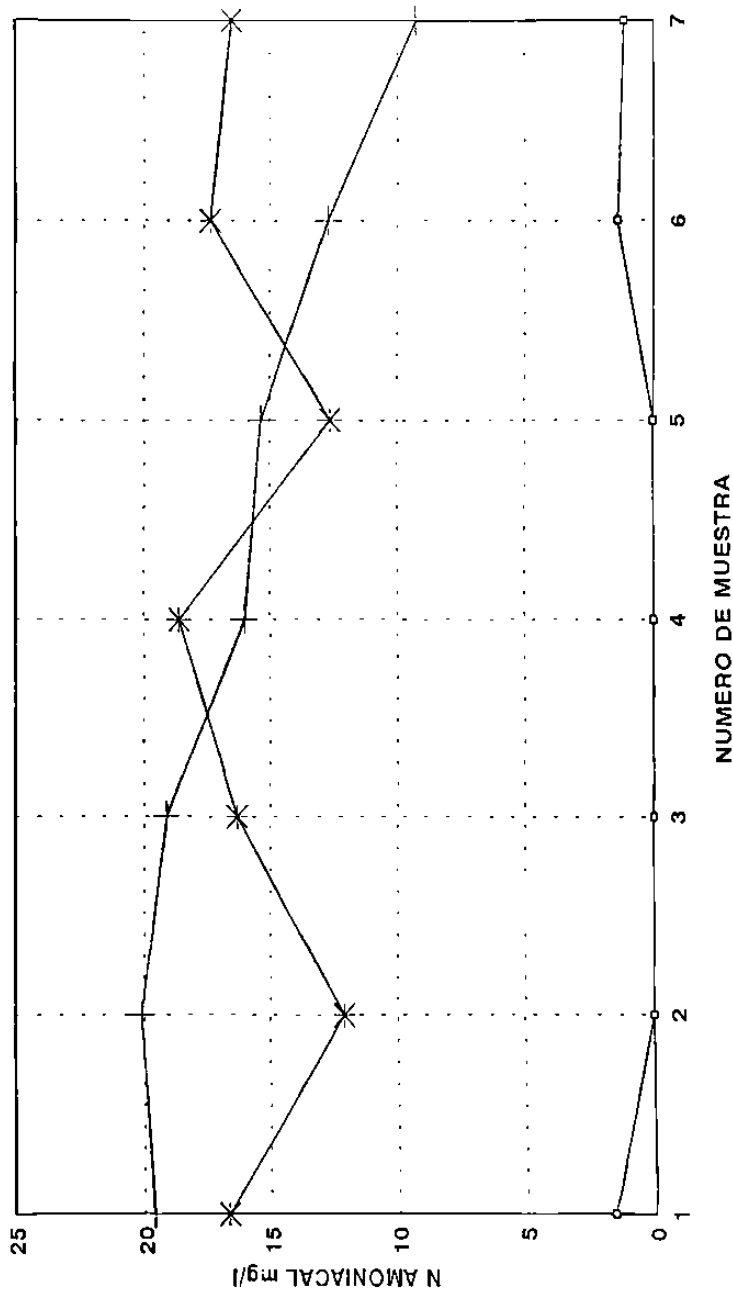
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

**GRAFICA VIII-2 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE
SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
EFICIENCIA EN REMOCION DE NITROGENO ORGANICO**



FUENTE: Analisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

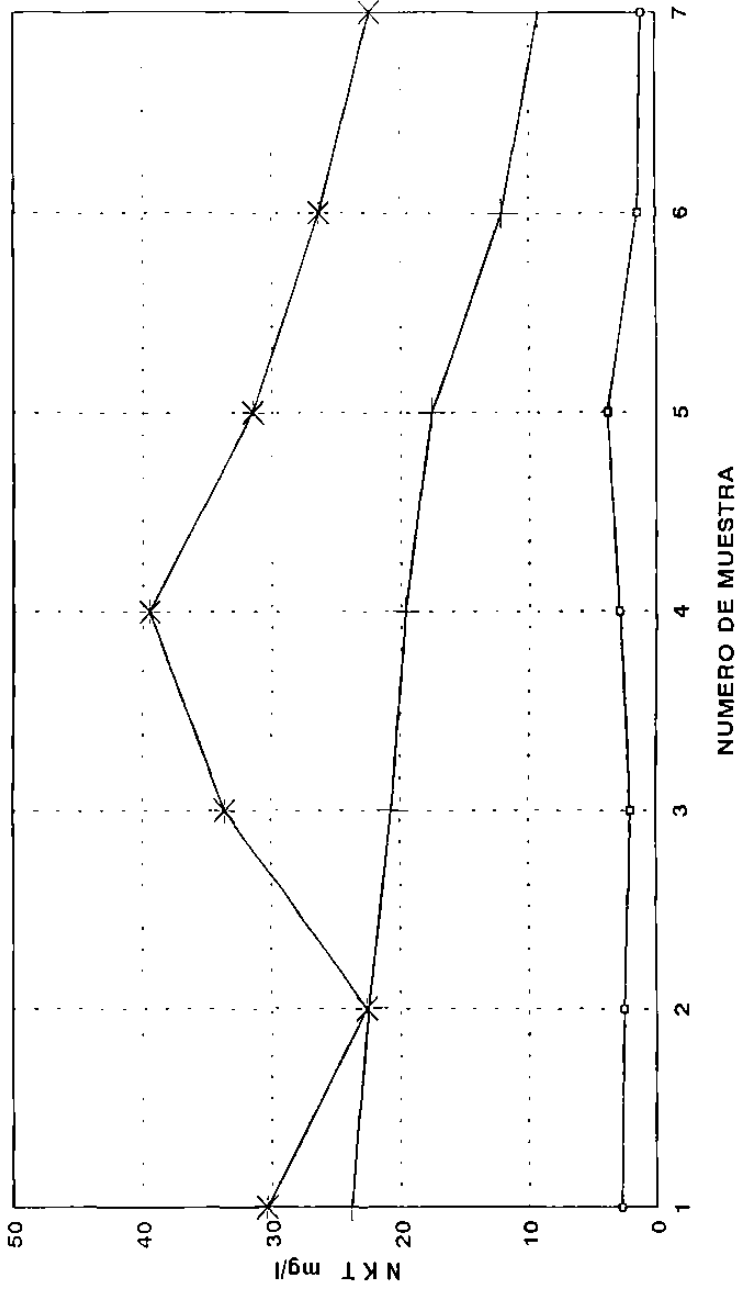
GRAFICA VIII-3 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE NITROGENO AMONICAL



□ EFLUENTE SBR + EFLUENTE CONVENCIONAL * INFLUYENTE COMUN

FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

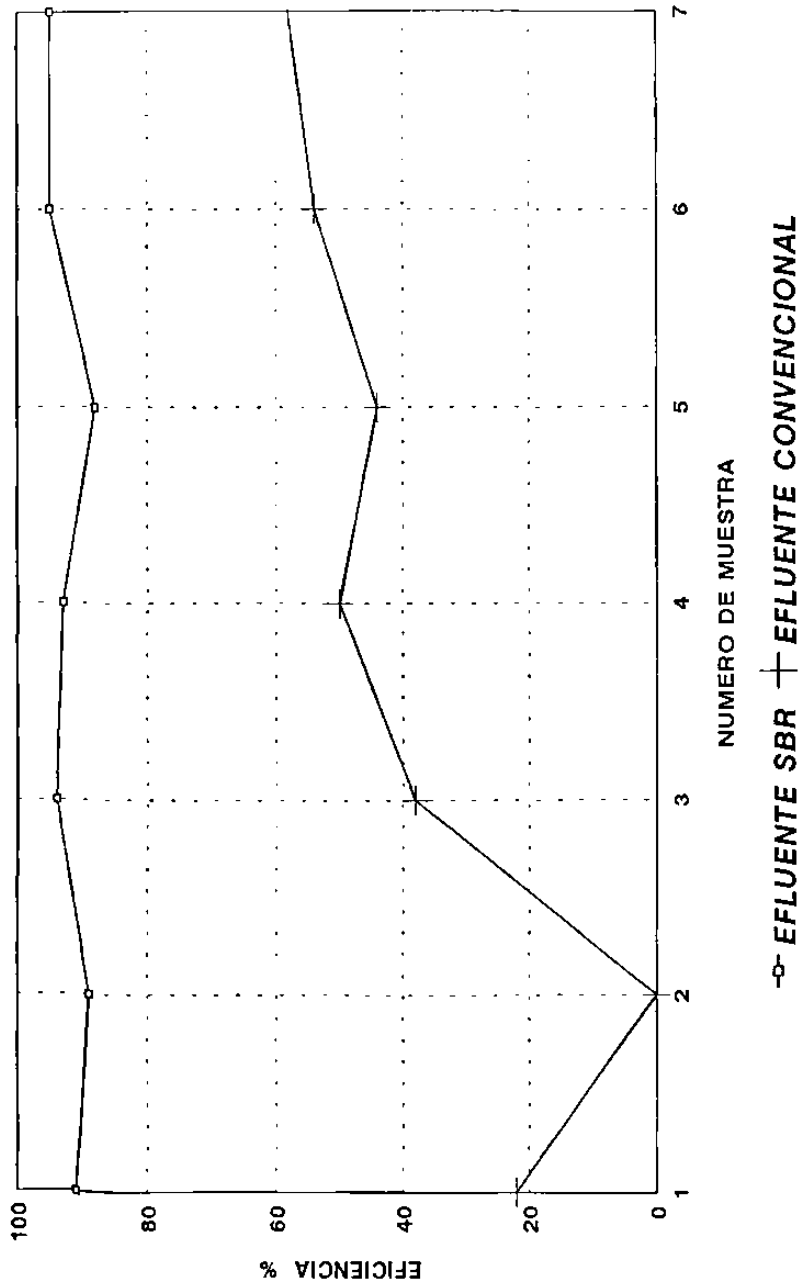
**GRAFICA VIII-4 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO
DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
NITROGENO TOTAL KJENDHAL NTK**



□ EFLUENTE SBR + EFLUENTE CONVENCIONAL * INFLUYENTE COMUN

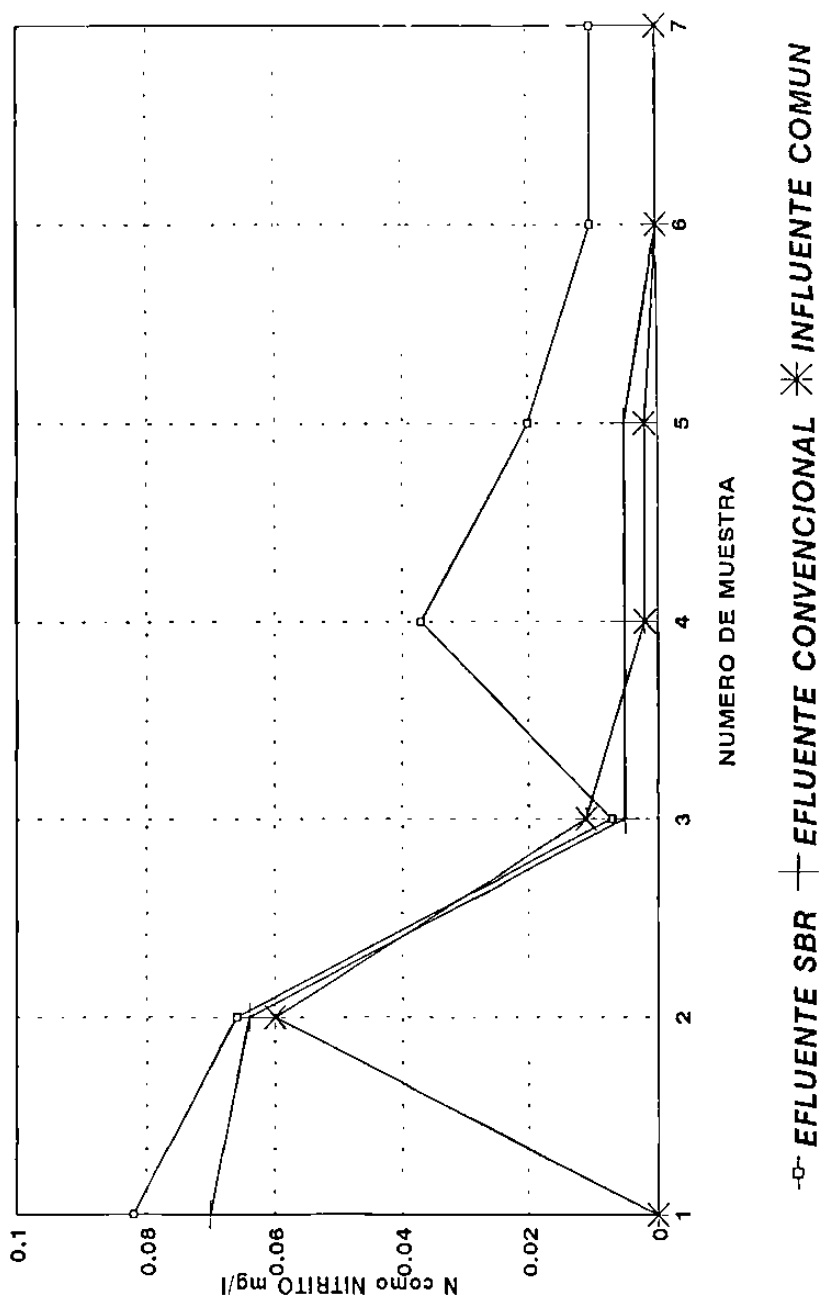
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-5 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE EFICIENCIA EN REMOCION DE NTK



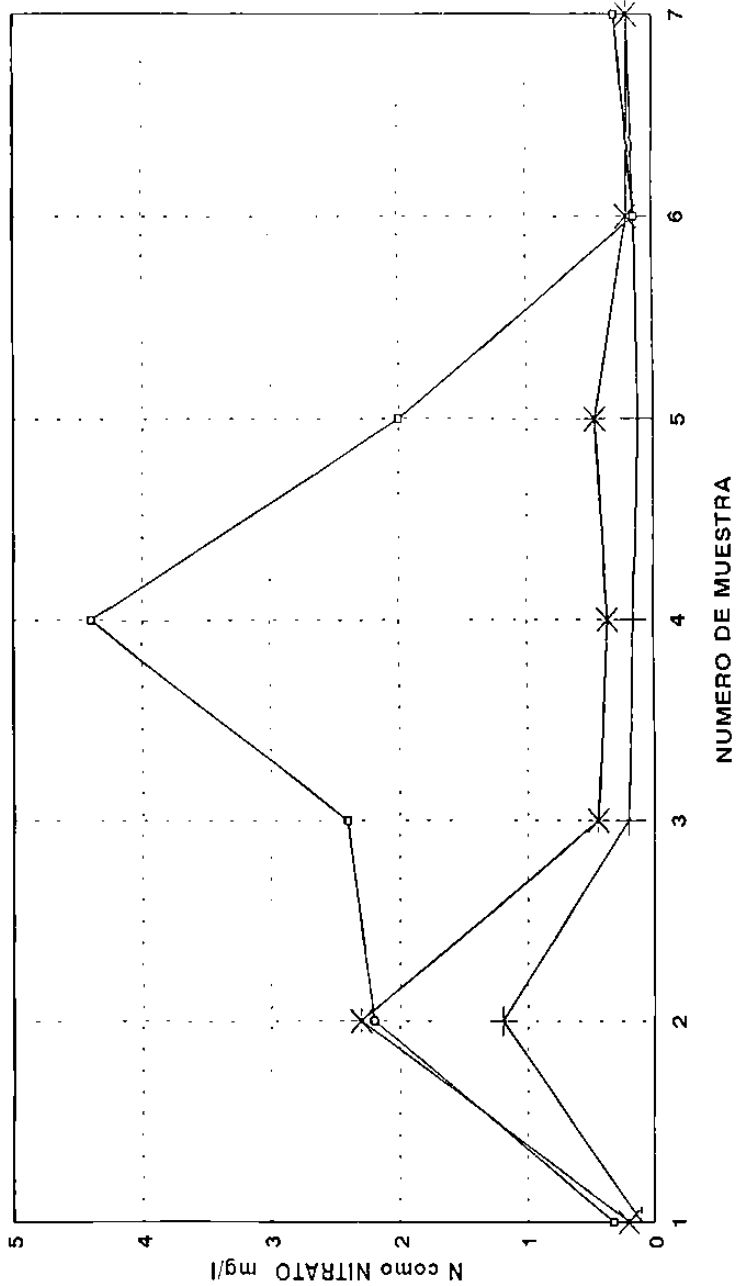
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-6 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE NITROGENO COMO NITRITO



FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

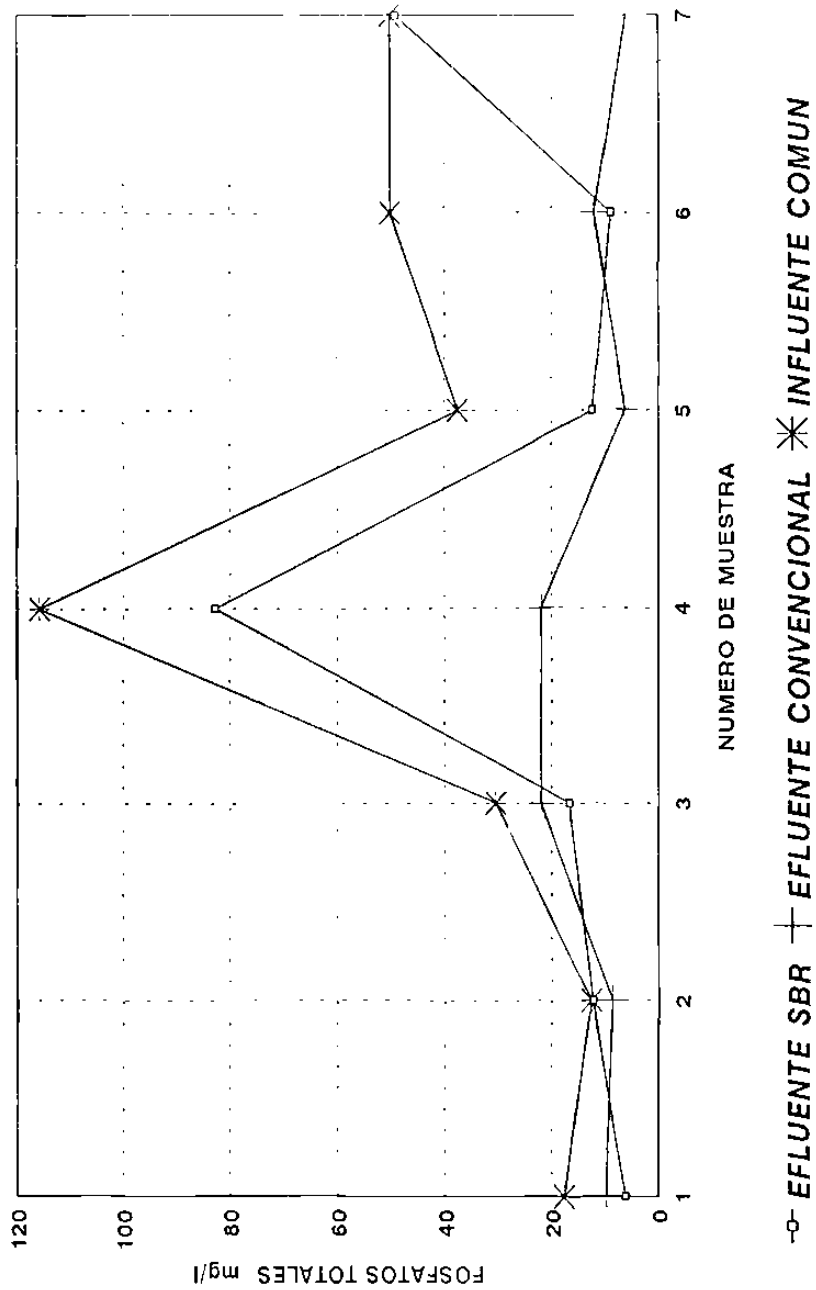
GRAFICA VIII-7 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE NITROGENO COMO NITRATO



—□— EFLUENTE SBR *— INFLUYENTE CONVENCIONAL

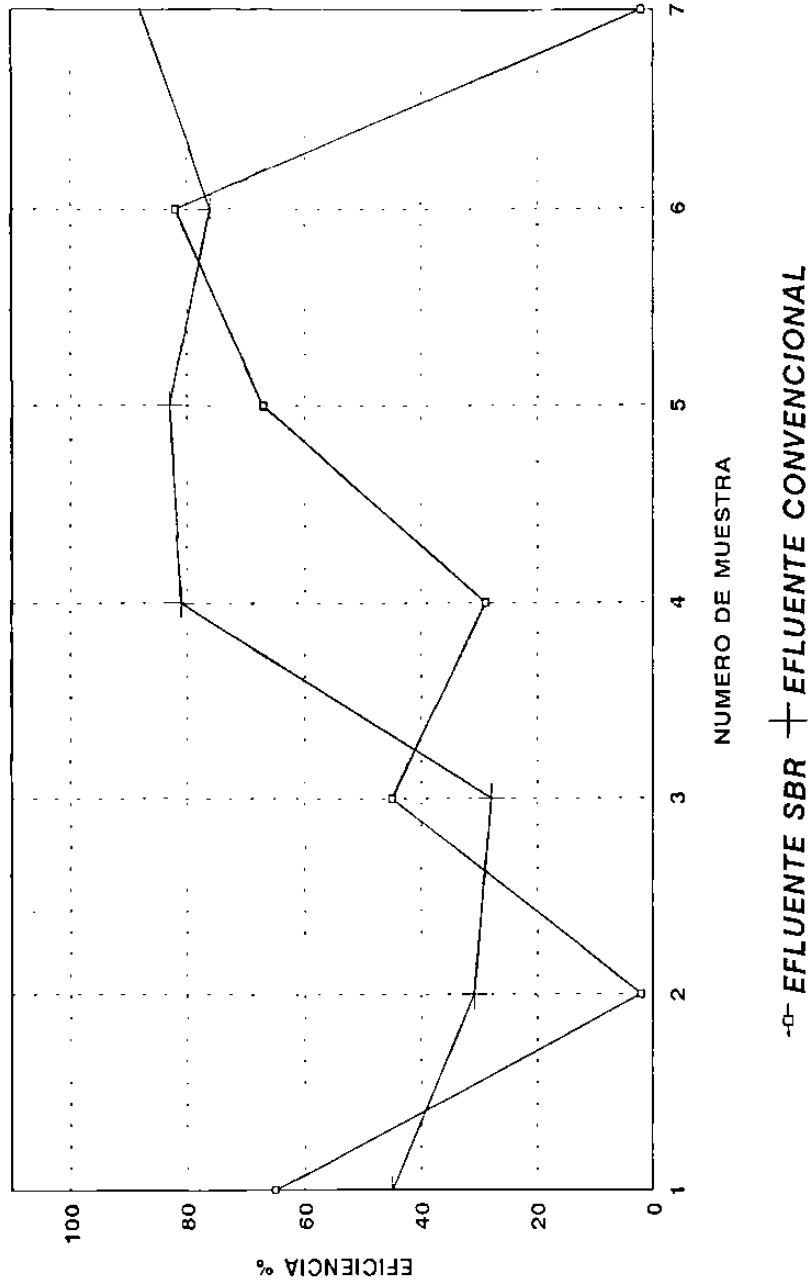
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-8 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE FOSFATOS TOTALES



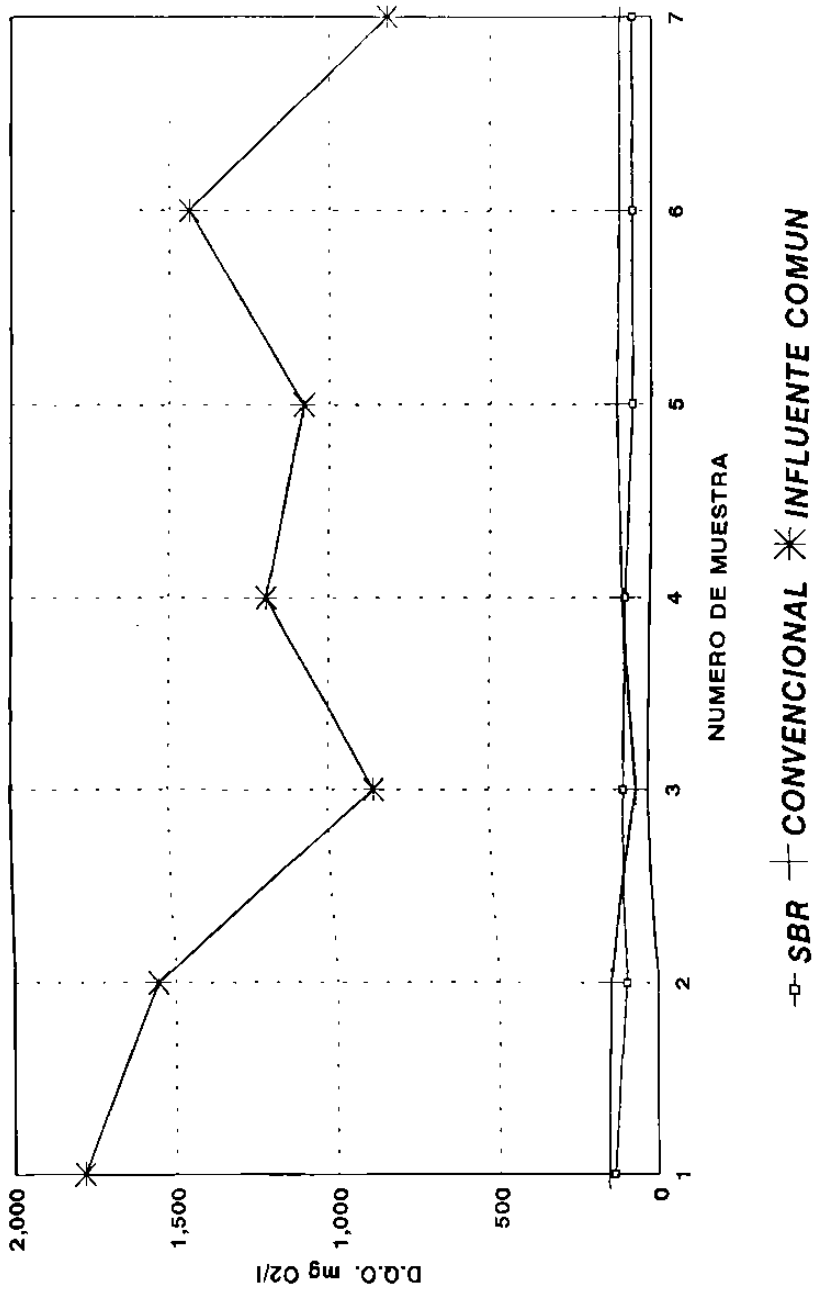
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-9 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE EFICIENCIA EN REMOCION DE FOSFATO



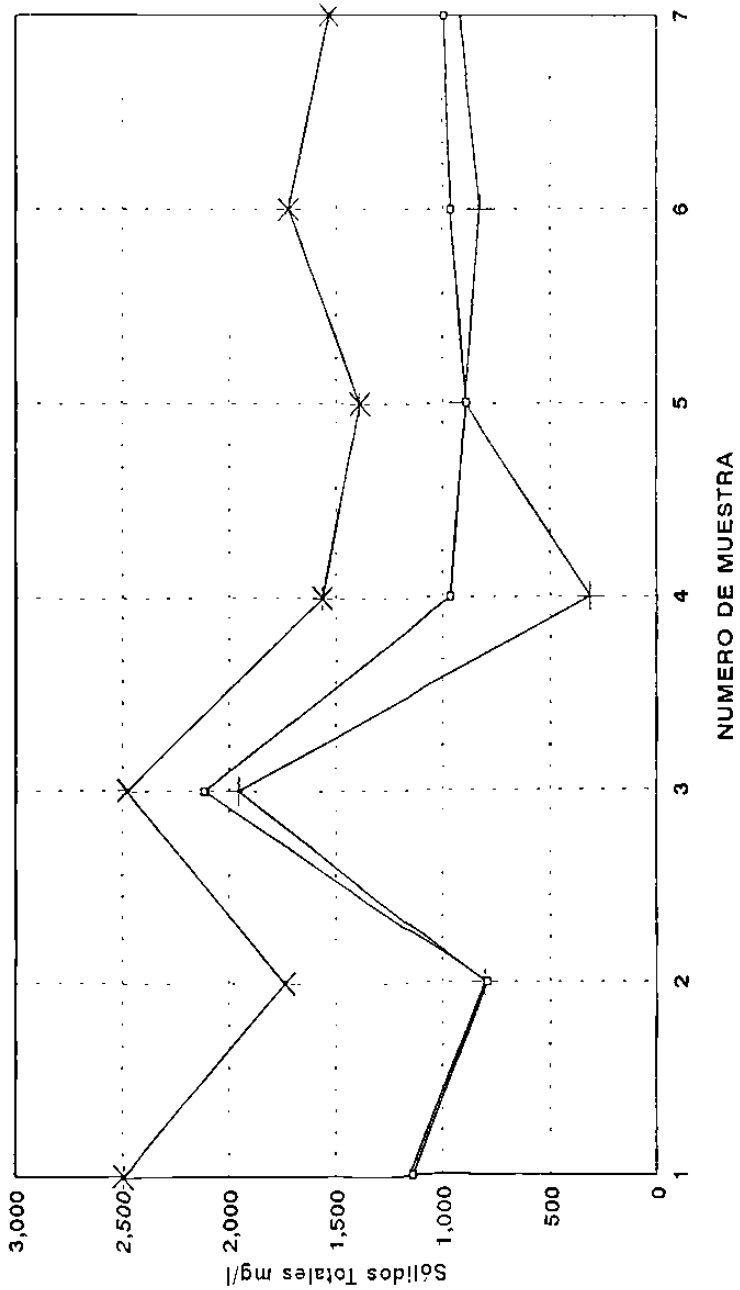
FUENTE: Analisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

**GRAFICA VIII-10 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE
SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
REMOCION DE DQO**



FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

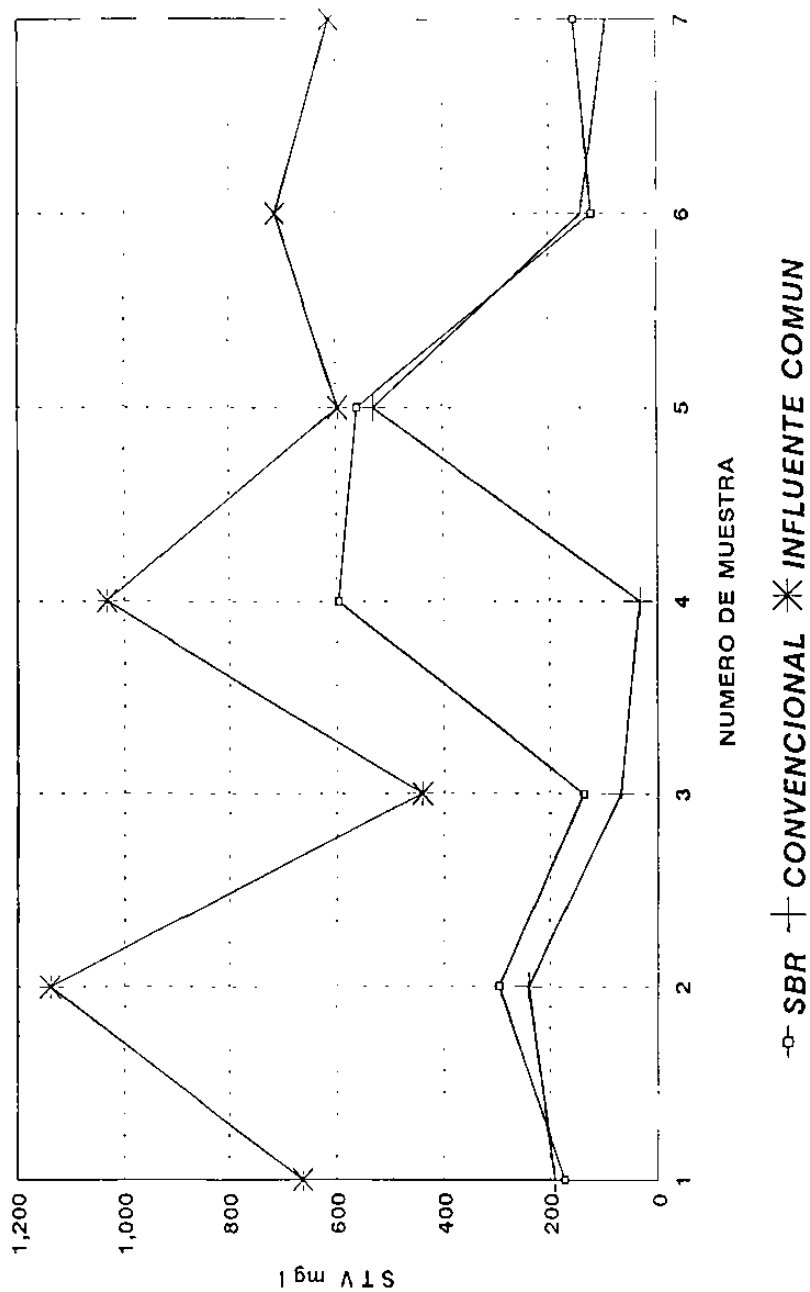
GRAFICA VIII-12 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE REMOCION DE SOLIDOS TOTALES



—*— SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN

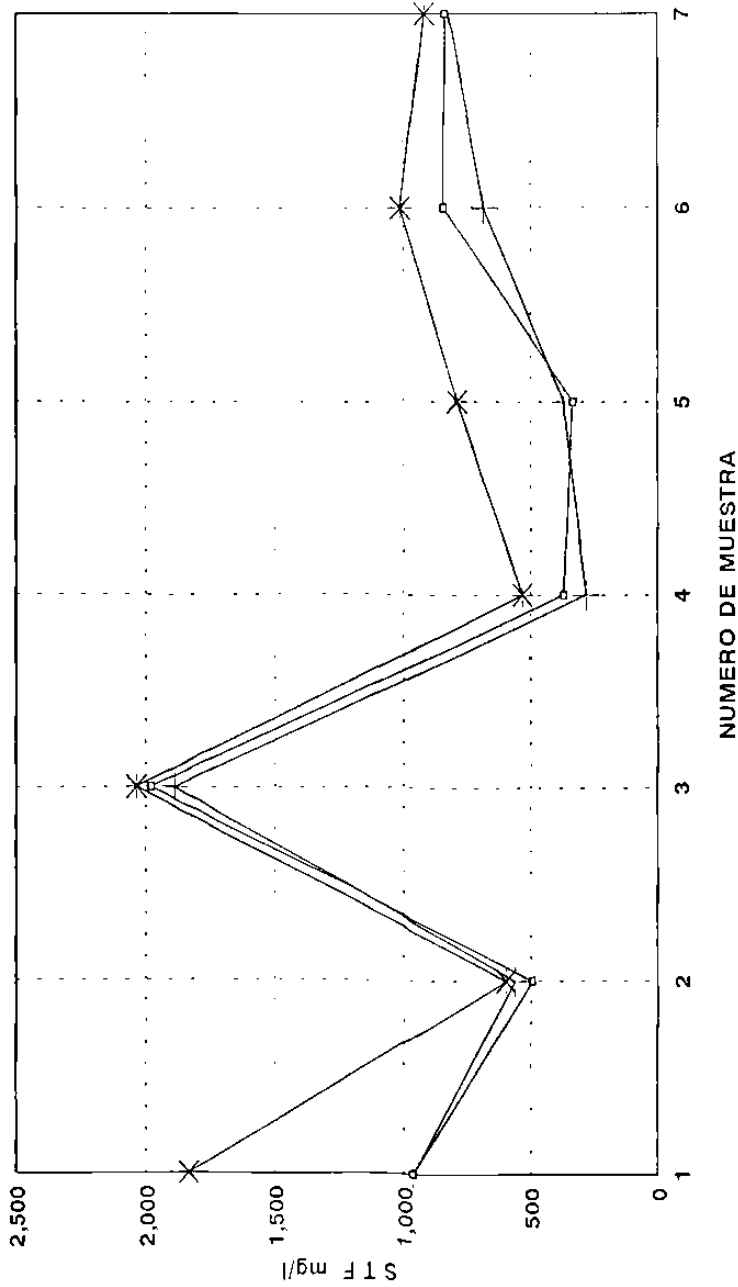
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-13 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE
 SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
 REMOCION DE SOLIDOS TOTALES VOLATILES



FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

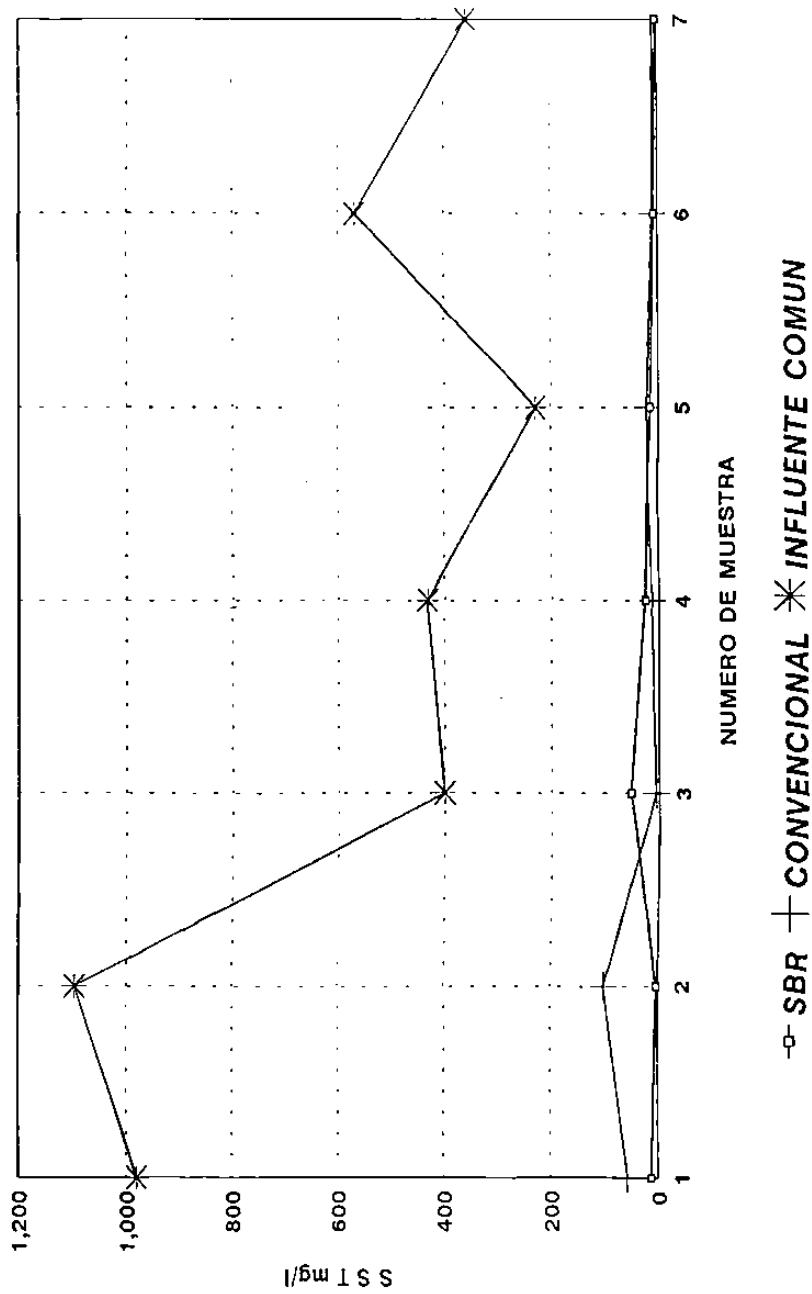
GRAFICA VIII-14 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE REMOCION DE SOLIDOS TOTALES FIJOS



○ SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN

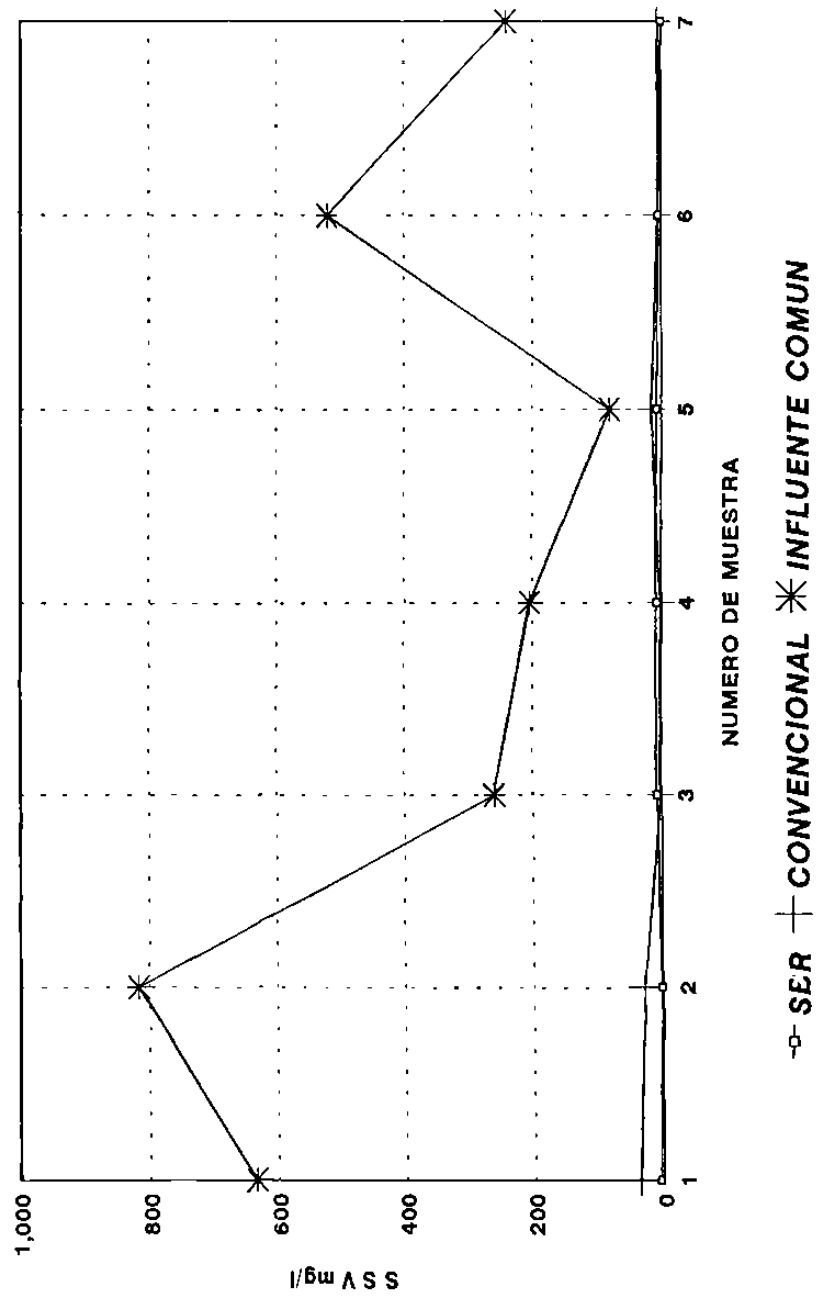
FUENTE: Analisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

**GRAFICA VIII-15 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE
SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**



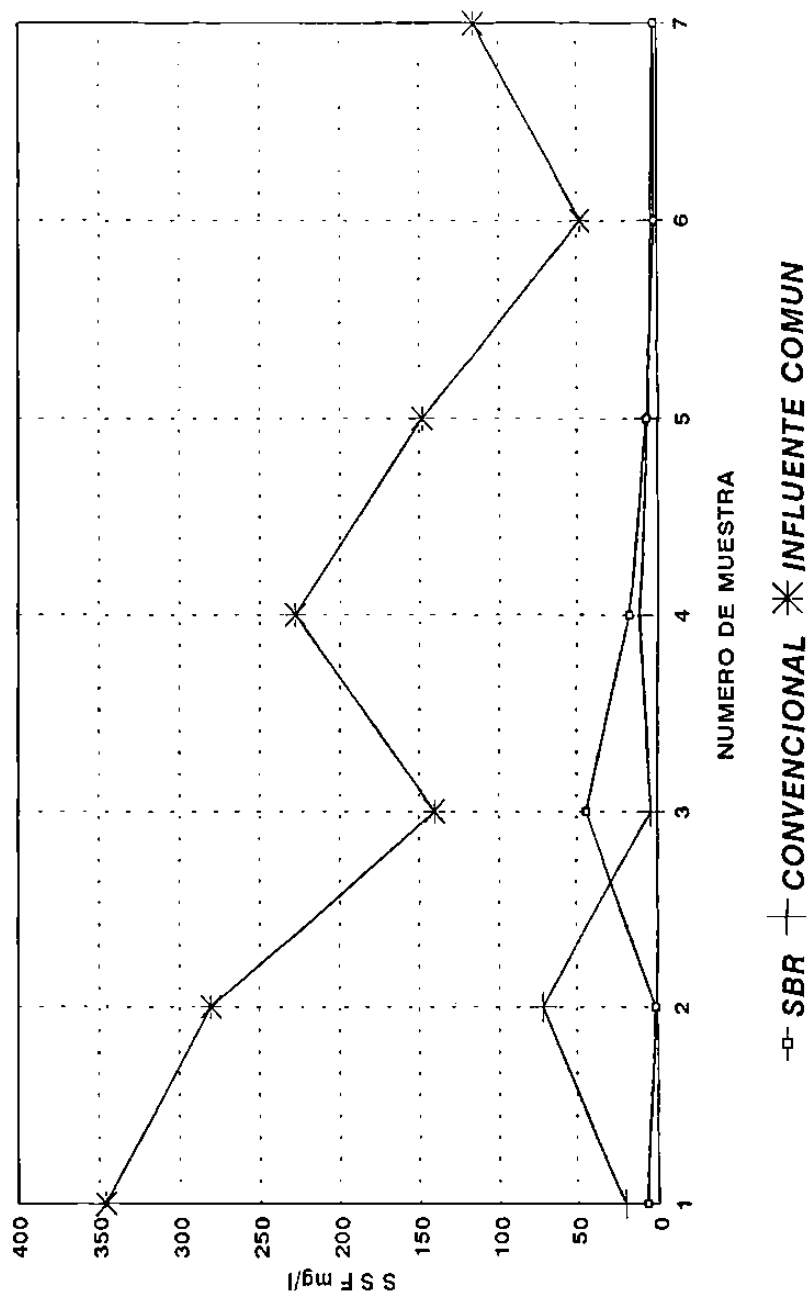
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-16 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



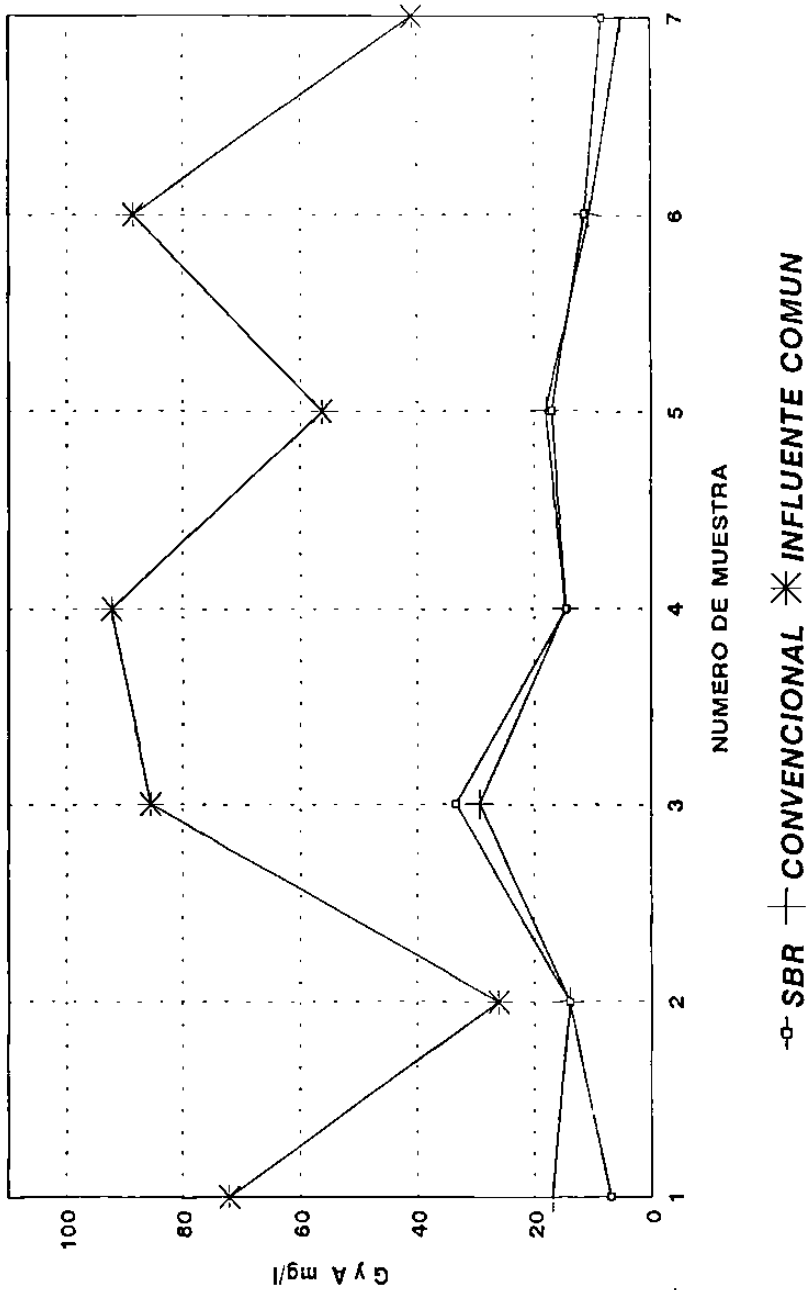
FUENTE: Analisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

**GRAFICA VIII-17 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE
SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE
REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS**



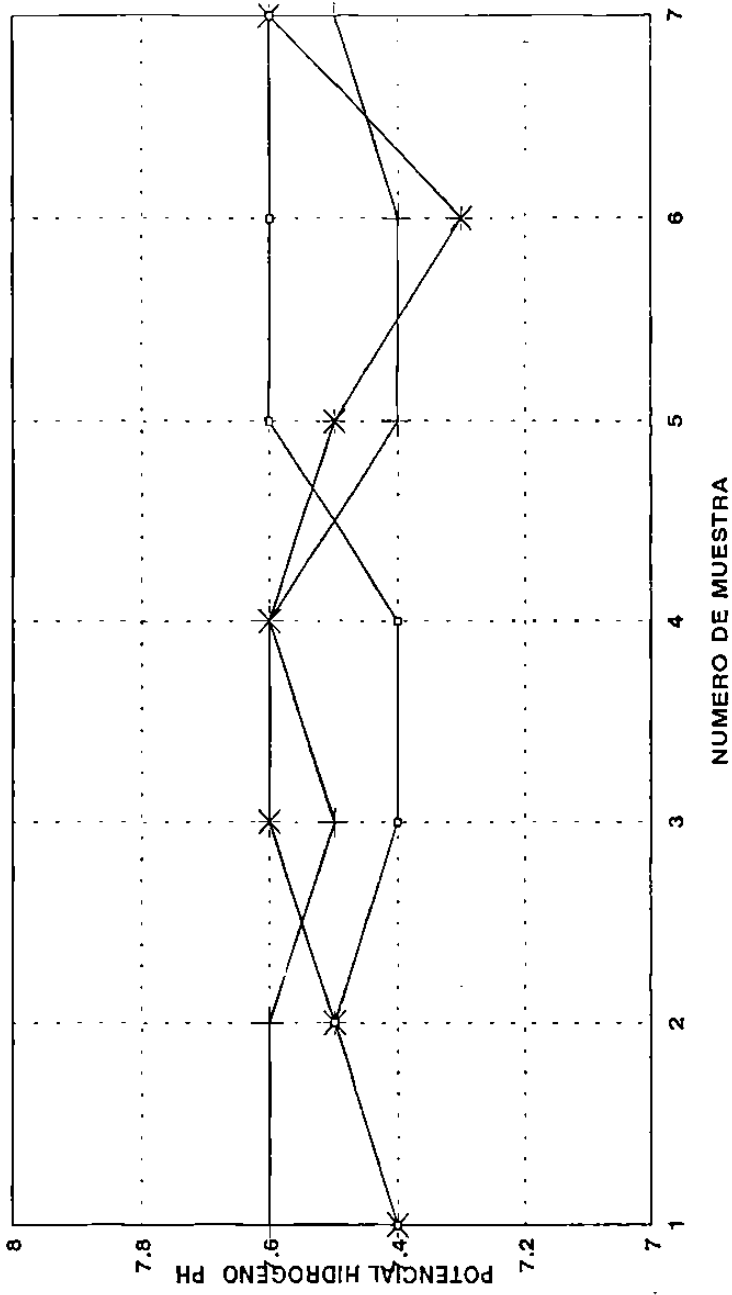
FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-18 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE REMOCION DE GRASAS Y ACEITES



FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

GRAFICA VIII-19 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE POTENCIAL HIDROGENO EN INFLUENTE Y EFLUENTE



□ SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN

FUENTE: Análisis Realizados del 9 al 15 de Mayo de 1994

VIII.4. TERCERA ETAPA

La tercera etapa fue similar a la segunda, sólo que para ésta se realizaron pruebas de sedimentación de lodos en el reactor mientras que se modificaban los tiempos de aireación y mezclado, con ello se buscó obtener el tiempo requerido de aireación para lograr una concentración de Oxígeno Disuelto igual o superior a 5 mg. O₂/l. y el tiempo de inactividad máximo requerido para abatir el Oxígeno Disuelto hasta un valor cercano a cero, con el fin de eficientar el proceso de Nitrificación-Desnitrificación.

Después de varias pruebas se logró obtener un tiempo mínimo requerido de Aireación de 10 minutos para obtener la concentración mayor de 5 mg. de oxígeno disuelto por litro para Nitrificación y de 10 minutos para abatir la concentración a un valor menor de 1.0 mg de oxígeno disuelto por litro para Desnitrificación. Con estos tiempos fue programada la planta piloto con sistema de tratamiento del tipo SBR y se Tomaron 10 muestras consecutivas para análisis en el laboratorio.

Dichos análisis consistieron en determinar el valor de los siguientes Parámetros:

- * Nitrógeno Orgánico.
- * Nitrógeno Amoniacal.
- * Nitrógeno como Nitrito.
- * Nitrógeno como Nitrato.
- * Fosfatos Totales.
- * Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- * Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- * Sólidos Suspendidos Totales, Suspendidos Volátiles y Suspendidos Fijos.
- * Grasas y Aceites.
- * Potencial Hidrógeno.
- * Temperatura.

La Planta Piloto se programó de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de abatimiento de Oxígeno en la forma siguiente:

- * Volumen por tratar para cada ciclo de 1.87 m³.
- * Los intervalos de **Aireación** de 10 minutos.
- * Los intervalos de **Mezclado** de 10 minutos.
- * El tiempo de **Sedimentación** de 60 minutos.
- * El sistema de retorno de lodos bombeará 15 segundos a razón de 7.8 lps. que equivale a 116.8 litros por ciclo, o lo que es lo mismo el retorno de lodos es del 6 %.
- * Los segmentos del aireador entre **encendido/apagado** fueron de 10 minutos.
- * Los segmentos de llenado del tanque fueron de 85 segundos de entrada de agua (374 litros) por 80 minutos de reacción en el reactor sin recibir agua.

Los tiempos anteriores fueron determinados en base a pruebas de sedimentación y de su abatimiento de oxígeno, realizadas directamente en el Reactor Aeróbico de la Planta Piloto.

Es importante mencionar que durante la realización de las pruebas se presentó en el agua residual cruda un contaminante que destruyó prácticamente la biomasa de ambos reactores (el reactor de tratamiento convencional y el del tipo secuencial intermitente), produciendo un notable decaimiento en el ambiente microbiológico del reactor y por ende en el tratamiento del agua.

De acuerdo con las observaciones al microscopio en el laboratorio, se descubrió que dicha sustancia destruyó cualquier tipo de bacterias, e inhiviendo a los rotíferos, la calidad del lodo se vió claramente afectada pues en algunos casos en la prueba de sedimentación se obtenían volúmenes de 940 ml/l/hora de lodo sedimentado.

Estudiando el fenómeno y sin conocer la procedencia de la descarga ni el tipo de contaminante, se optó por adicionar 300 ml de Cloruro Férrico por cada 18 metros cúbicos (0.0167 ppm.) de agua residual en el pretratamiento con el fin de que el coagulante actuara con los lodos formando flocs de mayor densidad para mejorar la calidad del agua en el efluente. La adición del coagulante fue común para los dos sistemas en estudio.

Los resultados no se hicieron esperar, con el Cloruro Férrico se logró una separación de sólido/líquido en una proporción aproximada de 3:2 lo cual se consideró aun muy deficiente. Además se presentó otro fenómeno en las pruebas de sedimentación y en ambos reactores al momento de sedimentar; dicho fenómeno consistió en la separación de lodos en dos tipos con características diferentes en aspecto visual y de densidad, la **Figura VIII-4** nos muestra el fenómeno.

Ante este fenómeno se decidió eliminar el lodo de menor densidad para lograr que en el de mayor densidad se desarrollara el ambiente microbiológico adecuado con el que se procedería a tratar el agua residual y con ello continuar con los análisis necesarios para comparar la eficiencia de los sistemas.

PRUEBA DE SEDIMENTACION Y FENOMENO DE CLASIFICACION DE LODOS

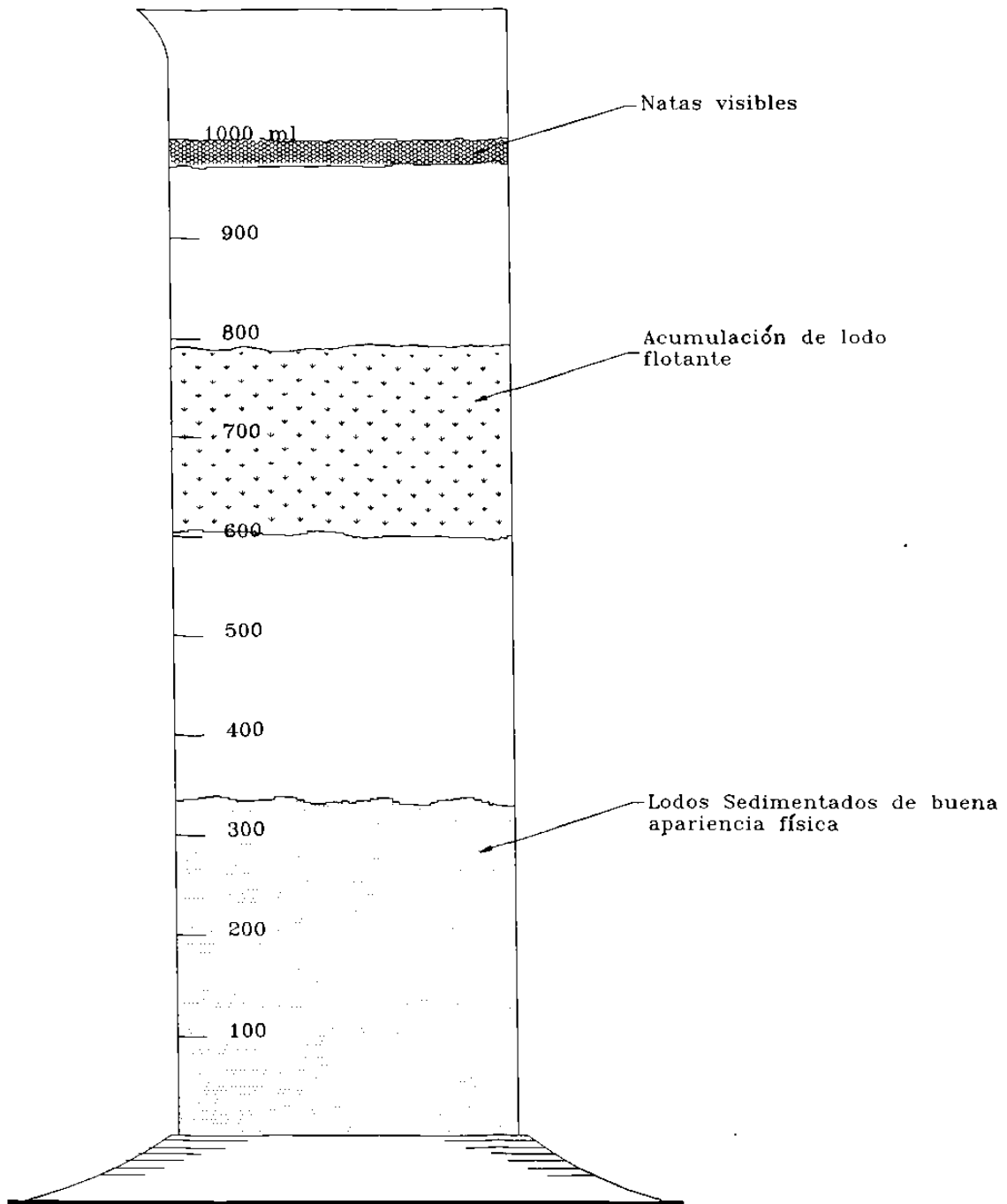


FIGURA. VIII-4

Un ejemplo ilustrativo de las pruebas realizadas al Licor Mezclado del Reactor Aeróbico del Sistema de tratamiento Convencional Intermitente son las que a continuación se presentan en las cuales se puede ver el comportamiento en la Sedimentación y Abatimiento de Oxígeno, correspondientes al ciclo de tratamiento en el cual se tomó la muestra número dos y tres de la tercera etapa.

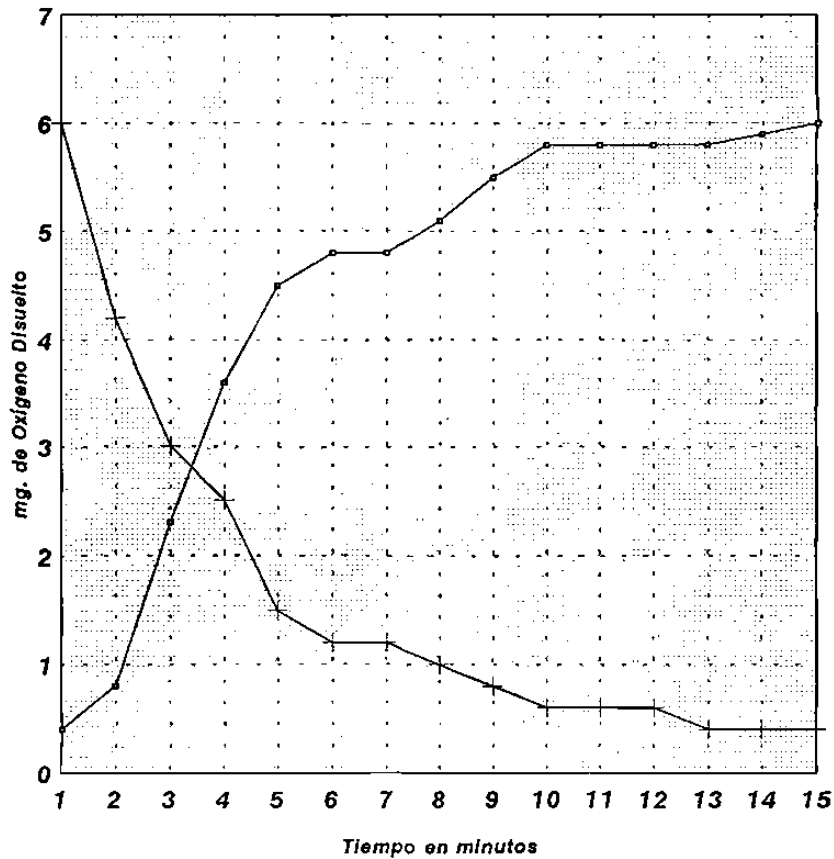
Cuadro VIII.4-1

Registro de Análisis de Oxígeno Disuelto Sistema de Tratamiento SBR mg. de O₂/l		
No. de Ciclo = 320 Tiempo de Mezclado = 15 minutos		
Tiempo de Aireación = 15 minutos		
Fecha de Análisis = 19 de Septiembre de 1994.		
Hora = 19:30		
Muestras representativas para ésta condición= Segunda; 3a. etapa.		
Tiempo en minutos	Aireación	Mezclado
1	0.4	6.0
2	0.8	4.2
3	2.3	3.0
4	3.6	2.5
5	4.5	1.5
6	4.8	1.2
7	4.8	1.2
8	5.1	1.0
9	5.5	0.8
10	5.8	0.6
11	5.8	0.6
12	5.8	0.6
13	5.8	0.4
14	5.9	0.4
15	6.0	0.4

Observaciones:

El Abatimiento de Oxígeno casi inmediato. Se presentó el problema de acumulación de lodo flotante a 2/3 de la altura y en la superficie una especie de nata.

**Gráfica VIII-20 Registro de Análisis de Oxígeno Disuelto
En el Reactor Aeróbico del Sistema de Tratamiento SBR
Programación Normal**



—○— Aireación + Mezclado

Tiempo de Mezclado = 15 min

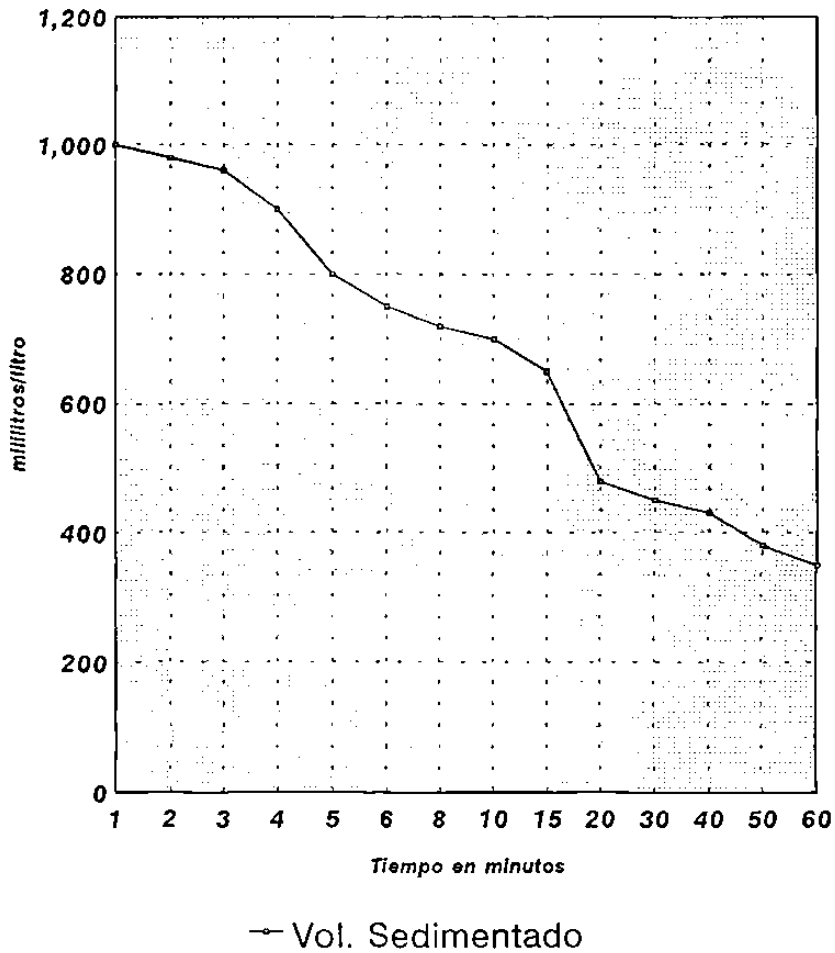
Tiempo de Aireación = 15 min

20 de Septiembre de 1994

Cuadro VIII.4-2

Registro de Prueba de Sedimentación Sistema de Tratamiento SBR ml/l	
No de Ciclo	= 320
Tiempo de Mezclado	= 15 minutos
Tiempo de Aireación	= 15 minutos
Fecha de Análisis	= 19 de Septiembre de 1994
Muestras representativas para ésta condición	= Segunda; 3a etapa
Tiempo en Minutos	Volumen Sedimentado
1	1000
2	980
3	960
4	900
5	800
6	750
8	720
10	700
15	650
20	480
30	450
40	430
50	380
60	350

**Gráfica VIII-21 Registro de Prueba de Sedimentación al Licor Mezclado
del Reactor Aeróbico del Sistema de Tratamiento SBR
Programación Normal**



Tiempo de Mezclado = 15 min

Tiempo de Aireación = 15 min

19 de Septiembre de 1994

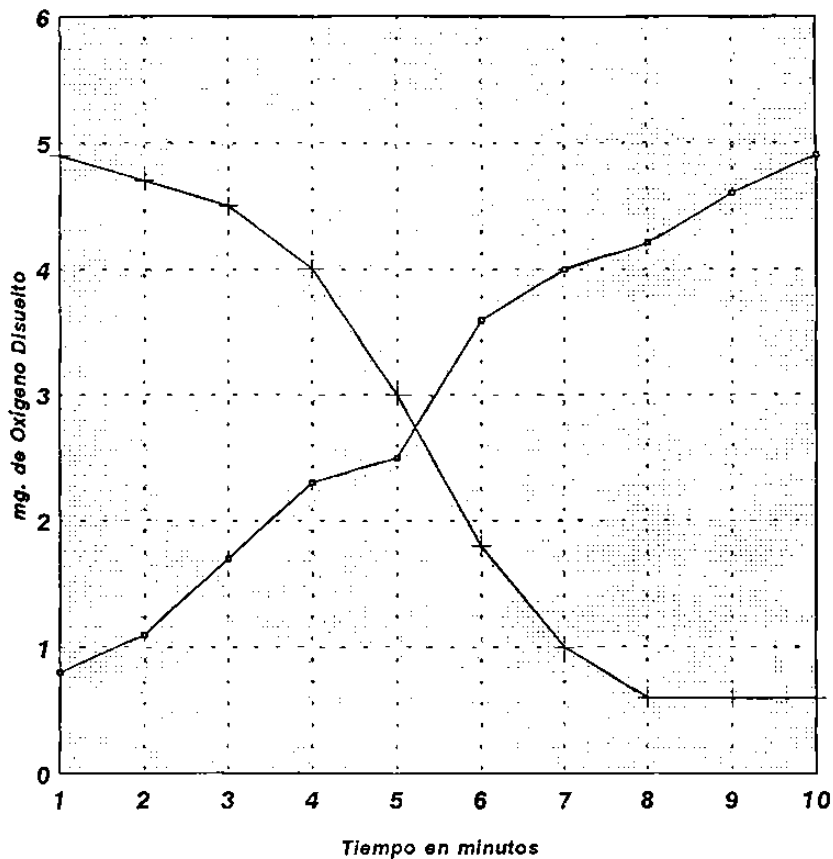
Cuadro VIII.4-3

Registro de Análisis de Oxígeno Disuelto Sistema de Tratamiento SBR mg. de O₂/l		
No. de Ciclo = 322 Tiempo de Mezclado = 10 minutos		
Tiempo de Aireación = 10 minutos		
Fecha de Análisis = 20 de Septiembre de 1994.		
Hora = 21:00		
Muestras representativas para ésta condición= Tercera; 3a. etapa.		
Tiempo en minutos	Aireación	Mezclado
1	0.8	4.9
2	1.1	4.7
3	1.7	4.5
4	2.3	4.0
5	2.5	3.0
6	3.6	1.8
7	4.0	1.0
8	4.2	0.6
9	4.6	0.6
10	4.9	0.6

Observaciones:

El Abatimiento del Oxígeno fue menor que en la prueba anterior. Sin embargo la calidad del agua aparente en la prueba de Sedimentación es mucho mejor. En esta muestra ya se le han aplicado 0.0167 ppm. de Cloruro Férrico para mejorar la calidad de los lodos y aumentar la eficiencia en la clarificación.

**Gráfica VIII-22 Registro de Análisis de Oxígeno Disuelto
En el Reactor Aeróbico del Sistema de Tratamiento SBR
Con Cloruro Férrico**



—□— Aireación —+— Mezclado

Tiempo de Mezclado = 10 min

Tiempo de Aireación = 10 min

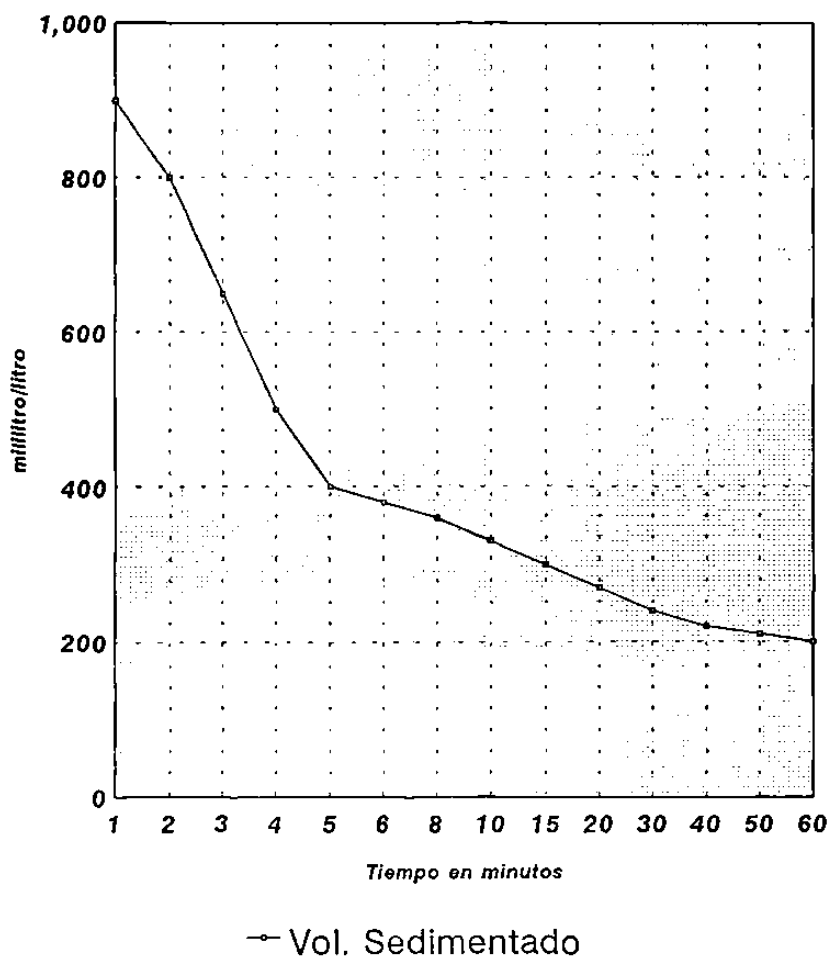
20 de Septiembre de 1994

Cuadro VIII.4-4

Registro de Prueba de Sedimentación Sistema de Tratamiento SBR ml/l	
No de Ciclo	= 322
Tiempo de Mezclado	= 10 minutos
Tiempo de Aireación	= 10 minutos
Fecha de Análisis	= 20 de Septiembre de 1994
Muestras representativas para ésta condición	= Tercera; 3a etapa
Tiempo en Minutos	Volumen Sedimentado
1	900
2	800
3	650
4	500
5	400
6	380
8	360
10	330
15	300
20	270
30	240
40	220
50	210
60	200

A continuación se presentan los reportes de los análisis en el laboratorio para las diferentes determinaciones realizadas durante la tercera etapa.

Gráfica VIII-23 Registro de Prueba de Sedimentación al Licor Mezclado del Reactor Aeróbico del Sistema de Tratamiento SBR Con Cloruro Férrico



Tiempo de Mezclado = 10 min

Tiempo de Aireación = 10 min

20 de Septiembre de 1994

TABLA VIII-7

TERCERA ETAPA
RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN EL LABORATORIO Y DE CAMPO
Nitrógeno Orgánico, Amoniacal y Total Kjendhal

Parámetro	Tipo de Muestra	Número de Muestreo y Fecha									
		1 00:00 hrs 19/09/94	2 22:00 hrs 19/09/94	3 22:00 hrs 20/09/94	4 00:00 hrs 22/09/94	5 5:00 hrs 23/09/94	6 9:00 hrs 24/09/94	7 22:00 hrs 25/09/94	8 8:00 hrs 26/09/94	9 22:00 hrs 27/09/94	10 22:00 hrs 28/09/94
Nitrógeno Orgánico mg/l	ARC	11.5	15.4	13.4	12.9	5.6	17.6	12.6	10.1	13.7	15.7
	ASBR	7.6	14.0	9.0	8.7	14.0	7.30	7.8	7.0	9.0	17.6
	SBR	2.5	2.2	1.6	1.6	1.7	2.1	2.0	2.1	1.7	1.6
	STC	1.9	2.5	1.9	2.6	1.5	1.3	1.3	1.9	1.3	2.0
Nitrógeno Amoniacal mg/l	ARC	22.1	16.5	19.0	20.4	12.0	31.6	18.2	19.6	19.3	17.9
	ASBR	26.6	22.7	21.0	25.5	23.5	27.4	30.8	27.4	24.4	27.4
	SBR	1.9	2.5	0.4	1.1	0.0	3.7	4.8	3.5	0.1	0.1
	STC	17.9	19.3	14.8	14.0	13.3	14.2	20.2	19.8	19.8	18.5
Nitrógeno Total Kjendhal mg/l	ARC	33.6	31.9	32.4	33.3	17.6	49.2	30.8	19.7	33.0	33.6
	ASBR	34.2	36.7	30.0	34.2	37.5	34.7	38.6	34.4	33.4	45.0
	SBR	4.4	4.7	2.0	2.7	1.7	5.7	6.8	5.6	1.8	1.7
	STC	19.8	21.8	16.7	16.6	14.8	15.5	21.5	21.7	21.1	20.5

Estudio Comparativo de un Sistema Convencional
con otro de Tipo Secuencial Intermitente.

TERCERA ETAPA
RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN EL LABORATORIO Y DE CAMPO
 Nitrógeno como Nitrito y Nitrito, y Fosfatos Totales.

		Número de Muestreo y Fecha									
Parámetro	Tipo de Muestra	1 00:00 hrs 19/09/94	2 22:00 hrs 19/09/94	3 22:00 hrs 20/09/94	4 00:00 hrs 22/09/94	5 5:00 hrs 23/09/94	6 9:00 hrs 24/09/94	7 22:00 hrs 25/09/94	8 8:00 hrs 26/09/94	9 22:00 hrs 27/09/94	10 22:00 hrs 28/09/94
Nitrógeno como Nitrito mg/l	ARC	0.0	0.0	0.01	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ASBR	0.0	0.0	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SBR	0.28	0.12	0.13	0.04	0.02	0.50	0.03	0.48	0.48	0.90
	STC	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.04	0.01	0.12	0.10	0.05
Nitrógeno como Nitrito mg/l	ARC	0.08	0.18	0.04	0.14	0.10	0.12	0.06	0.10	0.14	0.14
	ASBR	0.08	0.08	0.20	0.20	0.18	0.22	0.18	0.14	0.12	0.18
	SBR	1.80	0.08	0.50	0.14	0.22	0.60	0.04	0.06	0.36	0.75
	STC	0.04	0.04	0.08	0.12	0.14	0.04	0.06	0.04	0.04	0.16
Fosfatos Totales mg/l	ARC	13.7	22.0	25.0	15.0	3.9	25.0	17.5	6.5	12.0	16.0
	ASBR	14.5	14.5	23.0	10.0	10.0	10.0	19.4	5.0	13.0	13.8
	SBR	3.0	4.5	5.0	5.0	3.5	4.9	3.6	6.0	2.8	7.0
	STC	12.5	9.5	3.9	17.5	9.0	5.0	14.8	5.0	7.0	24.0

TABLA VIII-9

TERCERA ETAPA
RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN EL LABORATORIO Y DE CAMPO
Sólidos Suspendedos Totales, Volátiles y Fijos.

Parámetro	Tipo de Muestra	Número de Muestreo y Fecha									
		1 00:00 hrs 19/09/94	2 22:00 hrs 19/09/94	3 22:00 hrs 20/09/94	4 00:00 hrs 22/09/94	5 5:00 hrs 23/09/94	6 9:00 hrs 24/09/94	7 22:00 hrs 25/09/94	8 8:00 hrs 26/09/94	9 22:00 hrs 27/09/94	10 22:00 hrs 28/09/94
Sólidos Suspendedos Totales mg/l	ARC	110	270	145	160	75	200	220	110	200	280
	ASBR	55	280	85	70	450	50	110	45	60	495
	SBR	15	10	15	5	10	15	20	15	5	10
	STC	5	10	10	5	2	5	5	10	5	5
Sólidos Suspendedos Volátiles mg/l	ARC	105	185	120	130	50	175	180	80	170	225
	ASBR	55	180	75	55	285	40	85	35	50	350
	SBR	15	10	10	5	5	10	15	10	5	5
	STC	5	10	10	5	2	5	5	10	5	5
Sólidos Suspendedos Fijos mg/l	ARC	5	85	25	30	25	25	40	30	30	55
	ASBR	0	100	10	15	140	10	25	10	10	145
	SBR	0	0	5	0	5	5	5	5	0	5
	STC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA VIII-10

TERCERA ETAPA
RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN EL LABORATORIO Y DE CAMPO
Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, y Grasas y Aceites.

		Número de Muestreo y Fecha									
Parámetro	Tipo de Muestra	1 00:00 hrs 19/09/94	2 22:00 hrs 19/09/94	3 22:00 hrs 20/09/94	4 00:00 hrs 22/09/94	5 5:00 hrs 23/09/94	6 9:00 hrs 24/09/94	7 22:00 hrs 25/09/94	8 8:00 hrs 26/09/94	9 22:00 hrs 27/09/94	10 22:00 hrs 28/09/94
Demanda Química de Oxígeno mg/l	ARC	485	740	535	580	200	560	770	290	650	1000
	ASBR	405	585	390	420	740	430	480	400	470	920
	SBR	75	60	40	35	50	50	70	60	45	40
	STC	60	55	50	60	65	50	50	60	40	55
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l	ARC	225	635	290	310	70	300	335	140	320	490
	ASBR	200	500	250	210	320	210	220	180	230	390
	SBR	30	5	10	5	10	10	20	15	5	10
	STC	25	5	15	20	15	5	15	10	5	20
Grasas y Aceites mg/l	ARC	41.7	104.7	62.0	58.1	8.5	36	2.3	53	78	213
	ASBR	15.2	12.1	18.2	1.0	3.7	7.3	26.3	24	26	95
	SBR	3.4	4.2	5.6	3.5	2.1	3.0	6.9	4.3	19	19
	STC	3.1	2.7	2.1	1.3	1.2	2.6	4.2	17.3	21	17

TABLA VIII-11

<p style="text-align: center;">TERCERA ETAPA</p> <p style="text-align: center;">RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS EN EL LABORATORIO Y DE CAMPO</p> <p style="text-align: center;">Temperatura (°C) y Potencial Hidrógeno (pH)</p>											
Parámetro	Tipo de Muestra	Número de Muestreo y Fecha									
		1 00:00 hrs 19/09/94	2 22:00 hrs 19/09/94	3 22:00 hrs 20/09/94	4 00:00 hrs 22/09/94	5 5:00 hrs 23/09/94	6 9:00 hrs 24/09/94	7 22:00 hrs 25/09/94	8 8:00 hrs 26/09/94	9 22:00 hrs 27/09/94	10 22:00 hrs 28/09/94
TEMP. °C	ARC	28	27	29	27	29	29	29	30	30	29
	ASBR	30	29	29	29	30	31	30	30	29	30
	SBR	29	28	28	29	30	27	29	30	30	31
	STC	28	28	27	28	29	27	28	29	29	29
pH	ARC	7.5	7.6	7.4	7.2	7.1	7.2	7.4	7.8	7.3	7.7
	ASBR	7.6	7.5	6.6	6.9	7.1	7.0	6.9	7.2	7.0	7.4
	SBR	7.6	7.6	6.8	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1	6.9	7.3
	STC	6.6	6.9	6.6	7.0	6.9	6.8	6.8	7.0	6.9	7.0

TERCERA ETAPA
EFICIENCIA EN LA REMOCION DE NUTRIENTES (%),
Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Total Kjendhal y Fosfatos Totales.

		Número de Muestreo y Fecha									
Parámetro	Tipo de Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		00:00 hrs 19/09/94	22:00 hrs 19/09/94	22:00 hrs 20/09/94	00:00 hrs 22/09/94	5:00 hrs 23/09/94	9:00 hrs 24/09/94	22:00 hrs 25/09/94	8:00 hrs 26/09/94	22:00 hrs 27/09/94	22:00 hrs 28/09/94
Nitrógeno Orgánico	SBR	78	85	88	87	69	88	84	79	87	90
	STC	83	83	76	80	73	92	89	81	90	87
Nitrógeno Total Kjendhal	SBR	98	85	94	92	90	88	78	71	94	96
	STC	41	31	48	50	16	68	30	0	36	39
Fosfatos Totales	SBR	78	79	80	66	10	80	79	7	77	56
	STC	08	56	84	0	0	80	15	23	42	0

Donde:

- ARC Agua Residual Cruda.
- ASBR Reactor Anaeróbico del Sistema de Tratamiento del Tipo Secuencial Intermitente Planta Piloto.
- SBR Reactor Aeróbico del Sistema de Tratamiento del Tipo Secuencial Intermitente Planta Piloto.
- STC Sistema de Tratamiento del Tipo Convencional AIMSU.

VIII.5. ANALISIS GRAFICO DEL RESUMEN DE CONTROL ANALITICO DE LA TERCERA ETAPA.

En las gráficas que a continuación se presentan podemos observar detalles muy importantes en los parámetros determinados en el Influyente y Efluente de los sistemas en estudio.

Las Gráficas VIII-24 y VIII-25 nos muestran el comportamiento del Nitrógeno Orgánico durante los diez análisis realizados durante la tercera etapa. El valor promedio encontrado en el Agua Residual Influyente es de 13 mg/l teniendo un valor mínimo y máximo muy diferente del promedio debido a que el desarenador fue limpiado y por ello se obtuvieron valores muy disparados. En el Efluente de ambos sistemas se obtuvieron valores muy cerrados que oscilan entre 1.6 y 2.6 mg/l. Por lo tanto se alcanzó una eficiencia promedio en la remoción del 83 % en el SBR y de 84 % en el Sistema de Tratamiento Convencional.

Respecto al Nitrógeno Total Kjendhal que es la suma del Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Amoniacal encontramos que el sistema de tratamiento del Tipo Convencional es superado en eficiencia por el Sistema SBR encontrando una remoción del 36 y 87 % respectivamente donde se puede ver claramente la ventaja de un sistema sobre el otro. Gráficas VIII-27 y VIII-28.

El Fósforo como Fosfatos Totales en una forma muy similar a los resultados de la segunda etapa, se obtuvieron resultados que no son muy constantes y que el rango entre el valor máximo y el mínimo de los análisis es muy grande principalmente en el Sistema de Tratamiento Convencional. Por otro lado el Sistema SBR es un poco más constante y la eficiencia de remoción podemos decir que es del 75 % sin tomar en cuenta los resultados donde fue limpiado el desarenador y que son los que principalmente se dispararon. La Gráfica VIII-31 nos muestra el comportamiento del Fósforo en ambos sistemas.

La remoción del Fósforo en el Sistema de Tratamiento Convencional fue muy irregular por lo tanto no se puede hacer una comparación con el sistema SBR.

La remoción de los Sólidos Suspendidos se presenta en la **Tabla VIII-9** y las **Gráficas VIII-32** a la **VIII-34** en las cuales se puede analizar el grado alcanzado de los sistemas de tratamiento en la remoción. Los Sólidos Suspendidos Totales de un Promedio de 177 mg/l en el Agua Residual Influyente a 12 mg/l en el SBR y de 6.2 mg/l en el Sistema de Tratamiento convencional. En este caso el SBR fue superado por el Sistema Convencional. El comportamiento fue similar para los Sólidos Suspendidos Volátiles y Fijos.

El Comportamiento en los resultados de los análisis respecto a la Demanda Química de Oxígeno presentó algunas variantes en el Agua Residual Influyente probablemente debido al mantenimiento del desarenador. Sin embargo los resultados en el Efluente Tratado fueron muy constantes y similares entre los dos sistemas en estudio.

Se presentó un valor de DQO promedio en el Influyente Común para los dos sistemas de 581 mg/l. Obteniendo en el Efluente tratado del Sistema SBR un valor de 52.5 mg/l y de 54.5 mg/l en el Sistema de Tratamiento del Tipo Convencional.

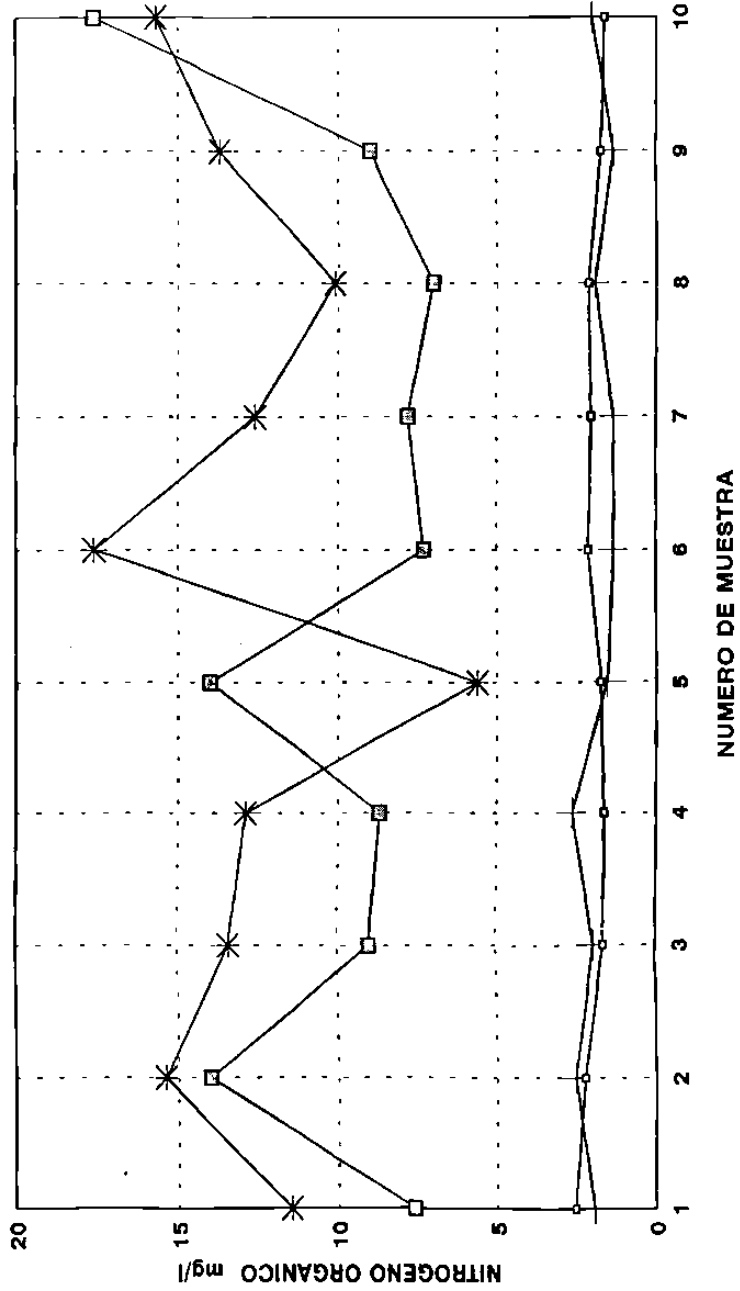
Refiriéndonos a la Demanda Bioquímica de Oxígeno podemos mencionar que realmente es muy variable el valor en el influente pues se encontraron valores desde 635 mg/l como máximo hasta 70 mg/l como mínimo por lo cual el valor promedio es muy poco representativo. En los diez análisis realizados encontramos un promedio de DBO de 311.5 mg/l haciendo incapié en que los análisis se realizaron en el mes de máxima precipitación por lo que las aguas residuales captadas por los colectores contienen un gran porcentaje de agua pluvial diluyendo el agua residual que en su mayoría está compuesta por agua residual del tipo industrial. la **Gráfica VIII-36** nos muestra los valores obtenidos.

Por otro lado la Remoción de Grasas y Aceites se dio de un valor máximo encontrado de 213 mg/l en la entrada a cada uno de los sistemas de tratamiento a un valor promedio de 18.0 mg/l en la salida para ambos sistemas. (Ver Gráfica VIII-37) obteniendo una eficiencia en la remoción de Grasas y Aceites superior al 90 %. Es importante mencionar que las características del agua residual influente para los dos sistemas en estudio son muy variables y el valor promedio en cualquier parámetro es muy diferente de un valor máximo o mínimo presentado.

Para esta etapa sí fueron registrados los valores de la Temperatura en todos los puntos de muestreo, donde encontramos un valor mínimo presentado de 27 °C y un máximo de 31 °C siendo un promedio de 29 °C en ambos sistemas de tratamiento. (Tabla VIII-11 y Gráfica VIII-38)

El valor del Potencial Hidrógeno se encontró entre 6.6 y 7.6 unidades de pH, ligeramente menor que en la segunda etapa debido a que a partir de la tercera muestra se le adicionaron 0.016 ppm de Cloruro Férrico para eficientar la sedimentación en los sedimentadores secundarios del sistema de tratamiento convencional dado que se presentó un problema de acumulación de lodo flotante en dichos sedimentadores. Analizando los resultados, lo anterior no tuvo influencia en la calidad del efluente tratado de ninguno de los sistemas en estudio. Gráfica VIII-39.

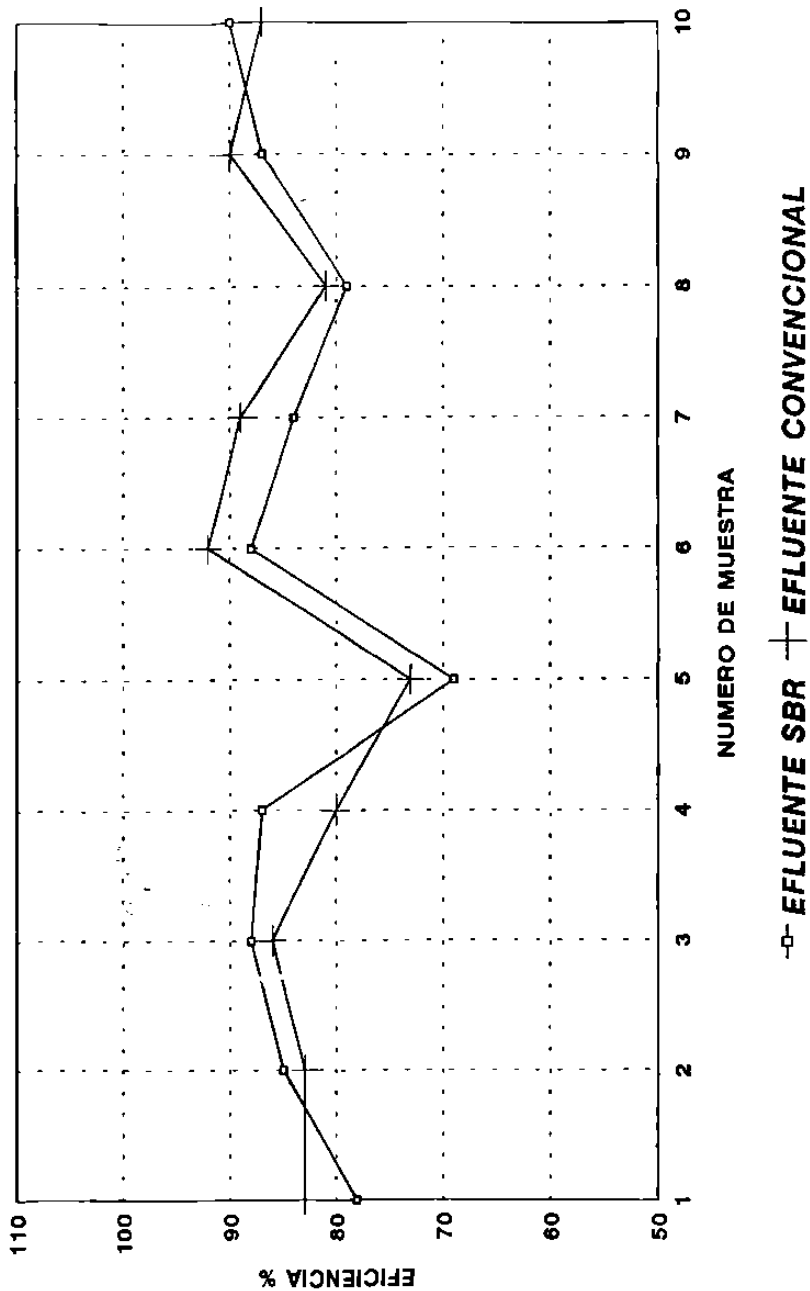
GRAFICA VIII-24 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA NITROGENO ORGANICO



—○— EFLUENTE SBR — * — INFLUYENTE CONVENCIONAL — □ — ANAEROBICO DEL SBR

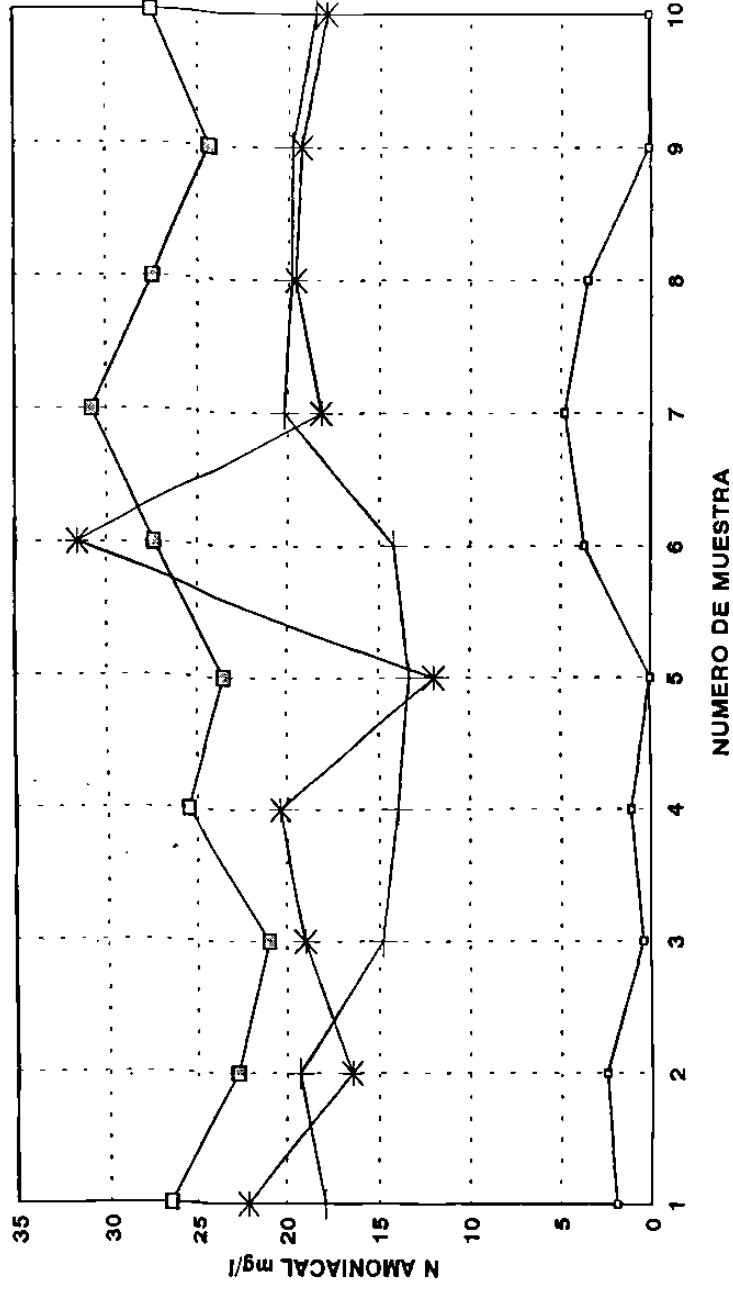
FUENTE: Analisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

GRAFICA VIII-25 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA EFICIENCIA EN REMOCION DE NITROGENO ORGANICO



FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

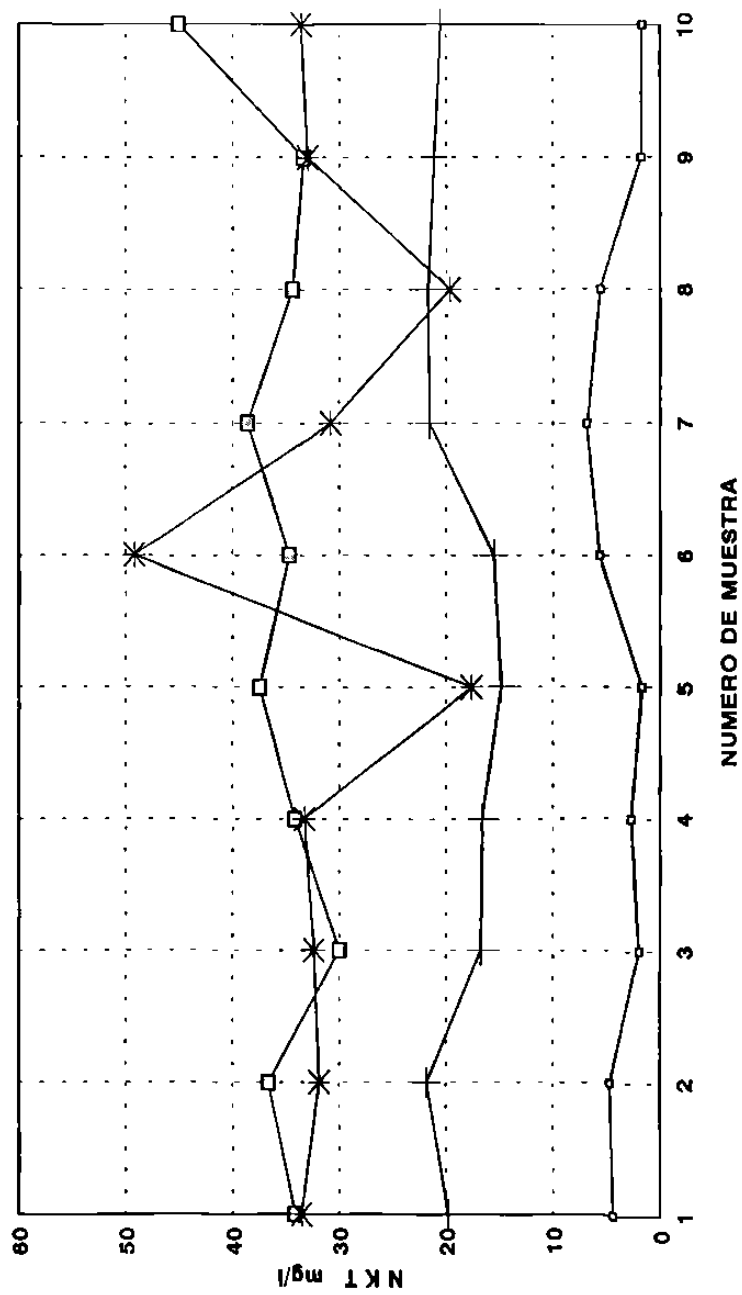
GRAFICA VIII-26 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA NITROGENO AMONICAL



○ EFLUENTE SBR * INFLUYENTE CONVENCIONAL □ INFLUYENTE COMUN

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

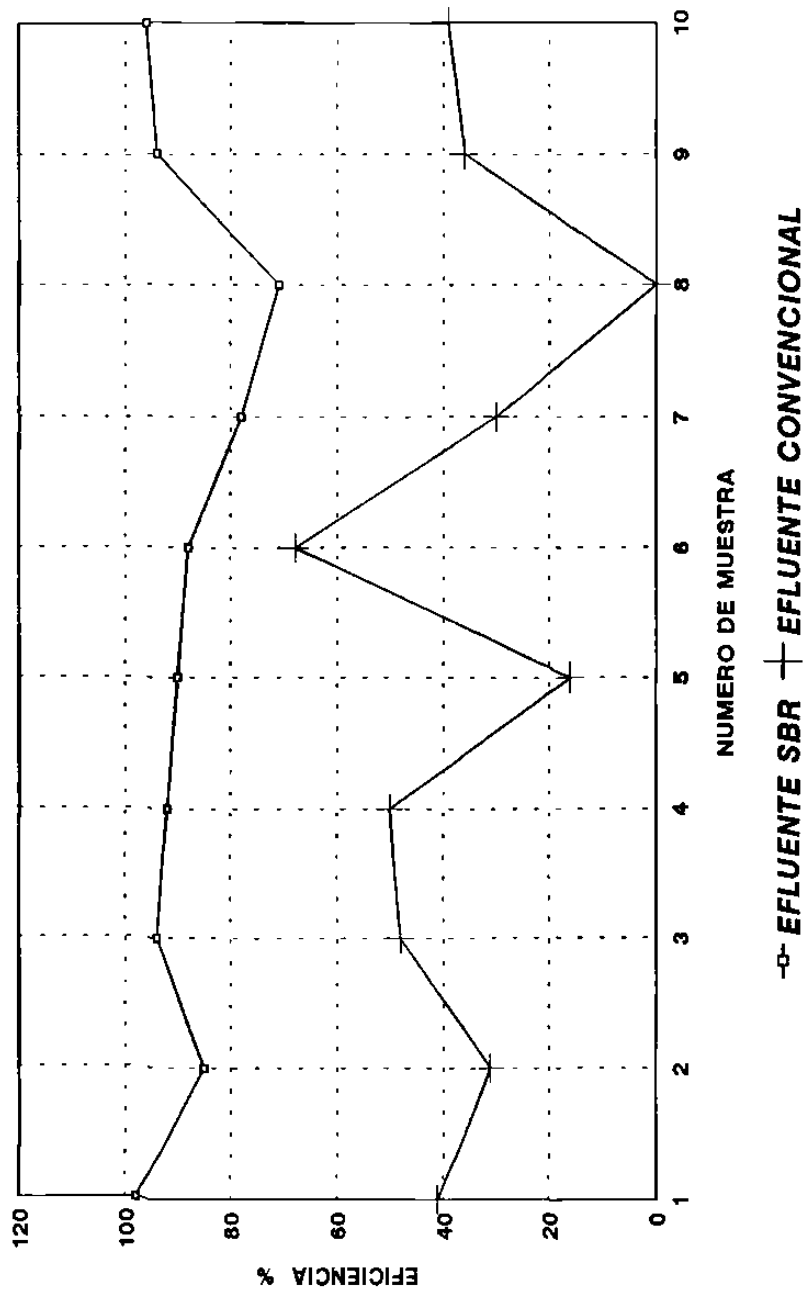
**GRAFICA VIII-27 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO
DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA
NITROGENO TOTAL KjENDHAL NTK**



□ INFLUYENTE COMUN * EFLUYENTE CONVENCIONAL + EFLUYENTE SBR

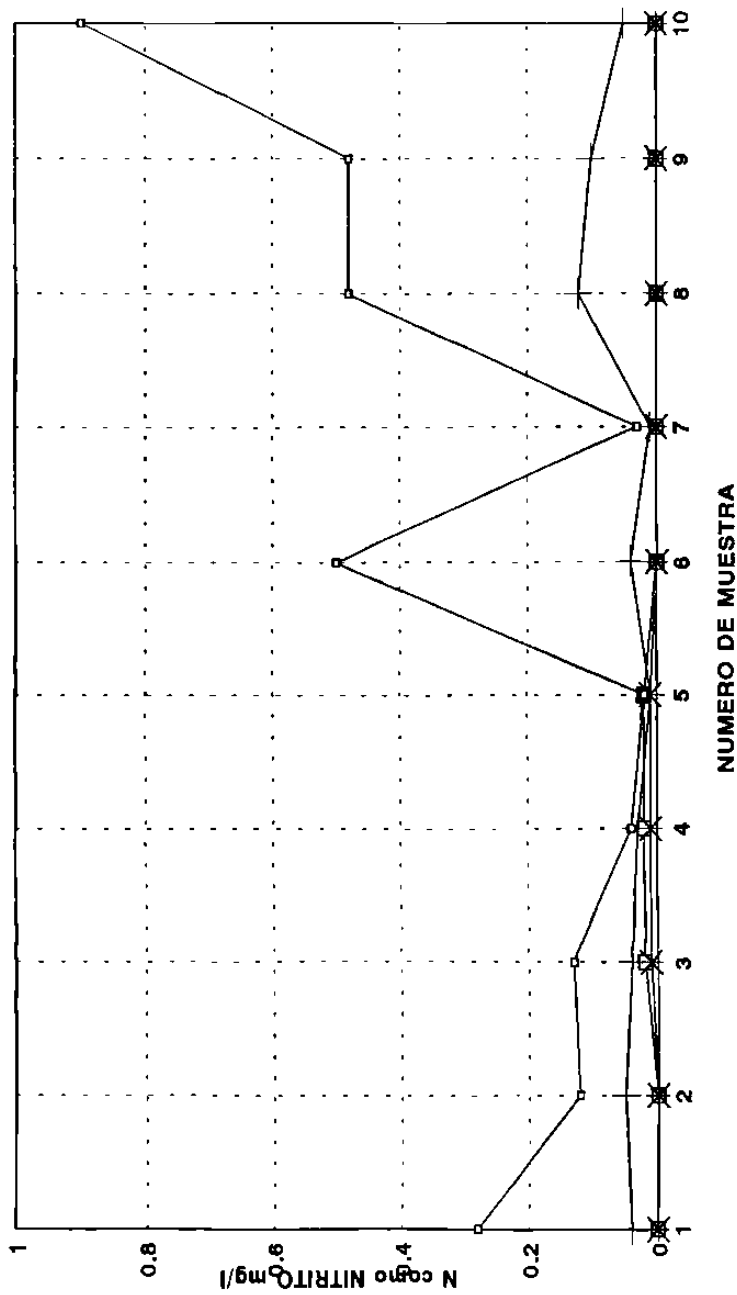
FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

GRAFICA VIII-28 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA EFICIENCIA EN REMOCION DE NTK



FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

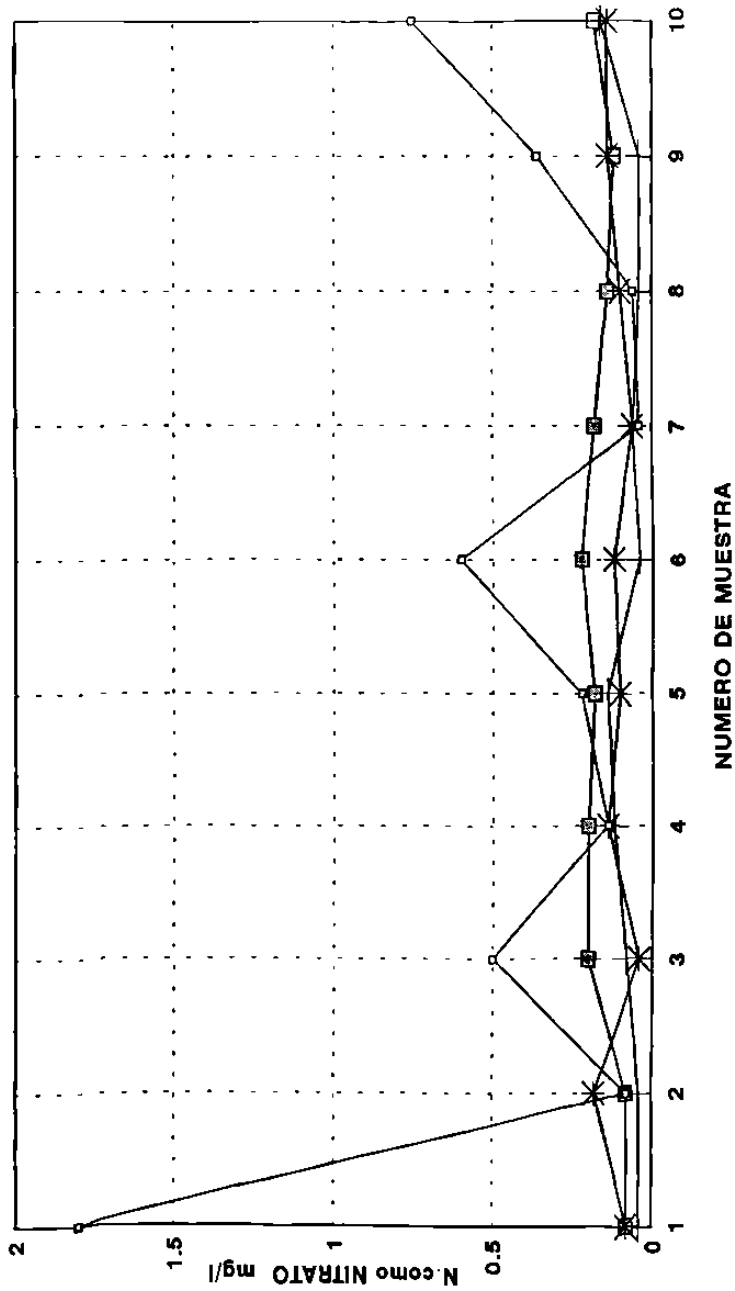
GRAFICA VIII-29 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA NITROGENO COMO NITRITO



—□— EFLUENTE SBR + EFLUENTE CONVENCIONAL * INFLUYENTE COMUN □ ANAEROBICO DEL SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

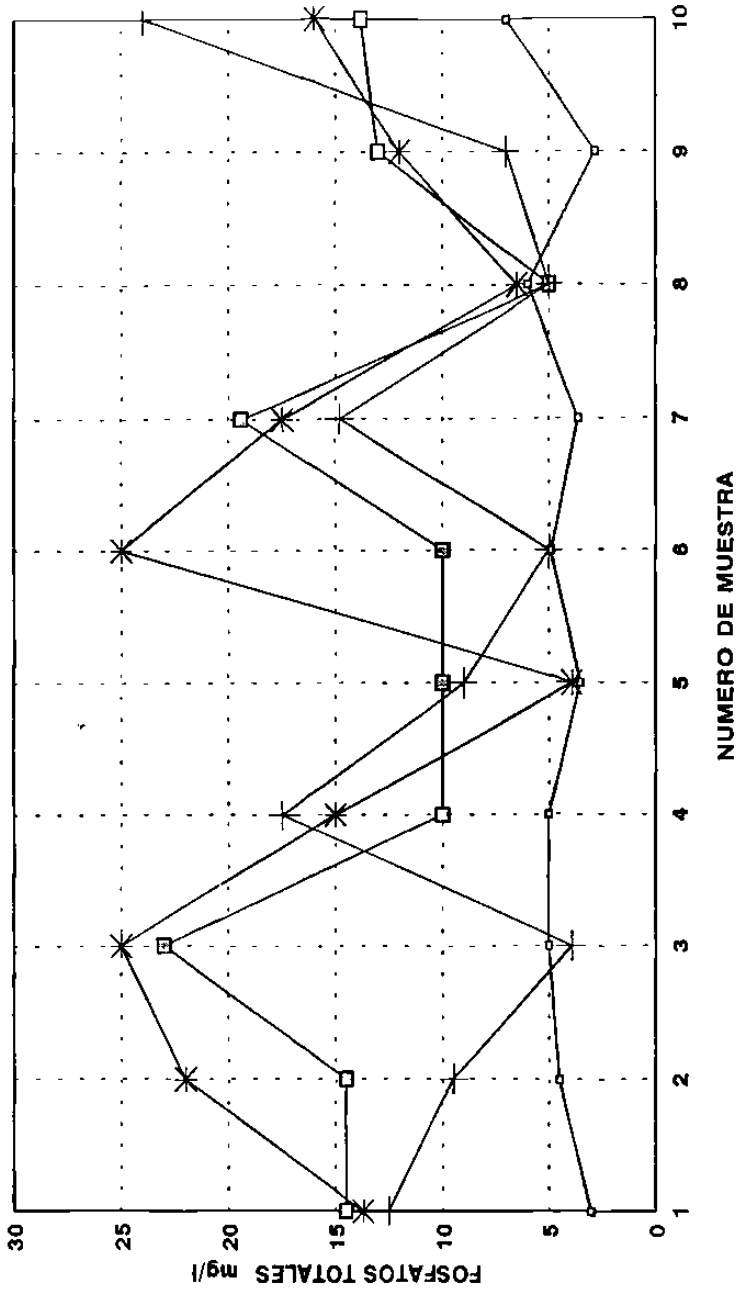
GRAFICA VIII-30 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA NITROGENO COMO NITRATO



—□— EFLUENTE SBR * INFLUYENTE COMUN □ ANAEROBICO DEL SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

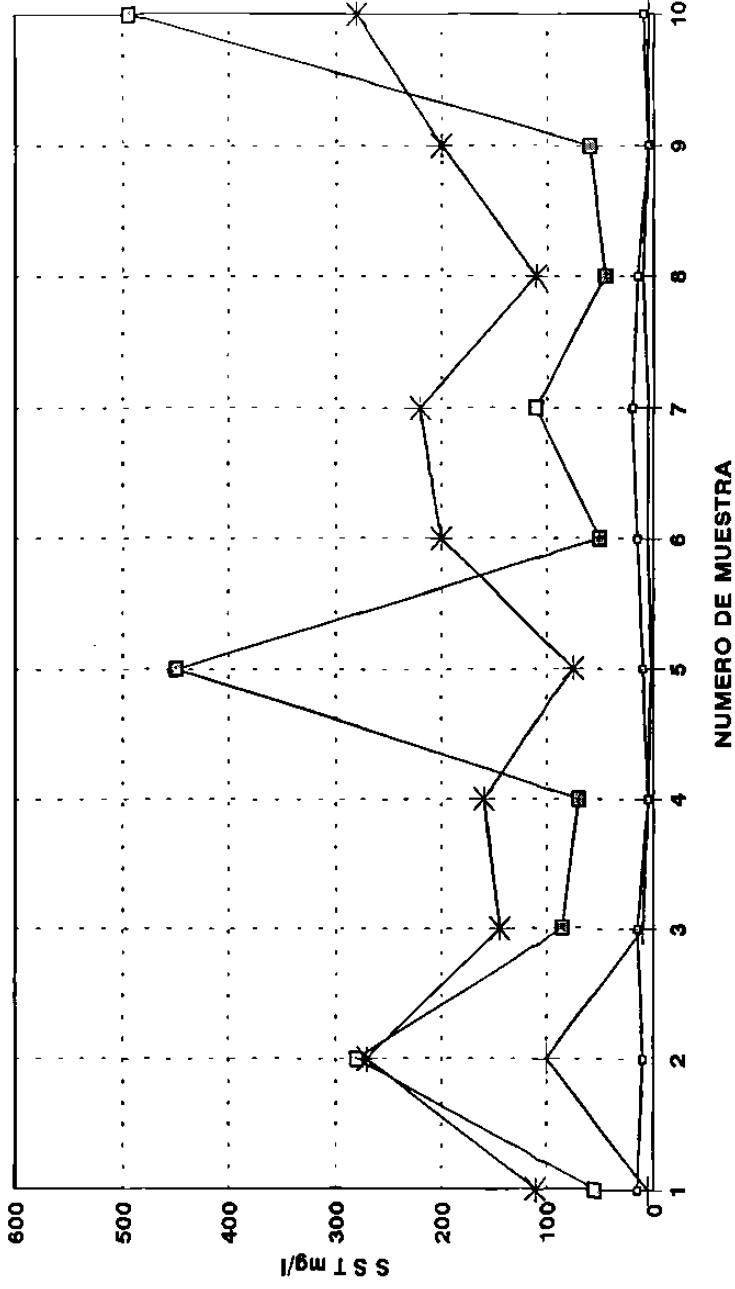
GRAFICA VIII-31 RESUMEN DE RESULTADOS EN ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA FOSFATOS TOTALES



—+— EFLUENTE SBR *— INFLUYENTE CONVENCIONAL *— INFLUYENTE COMUN □— ANAEROBICO DEL SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

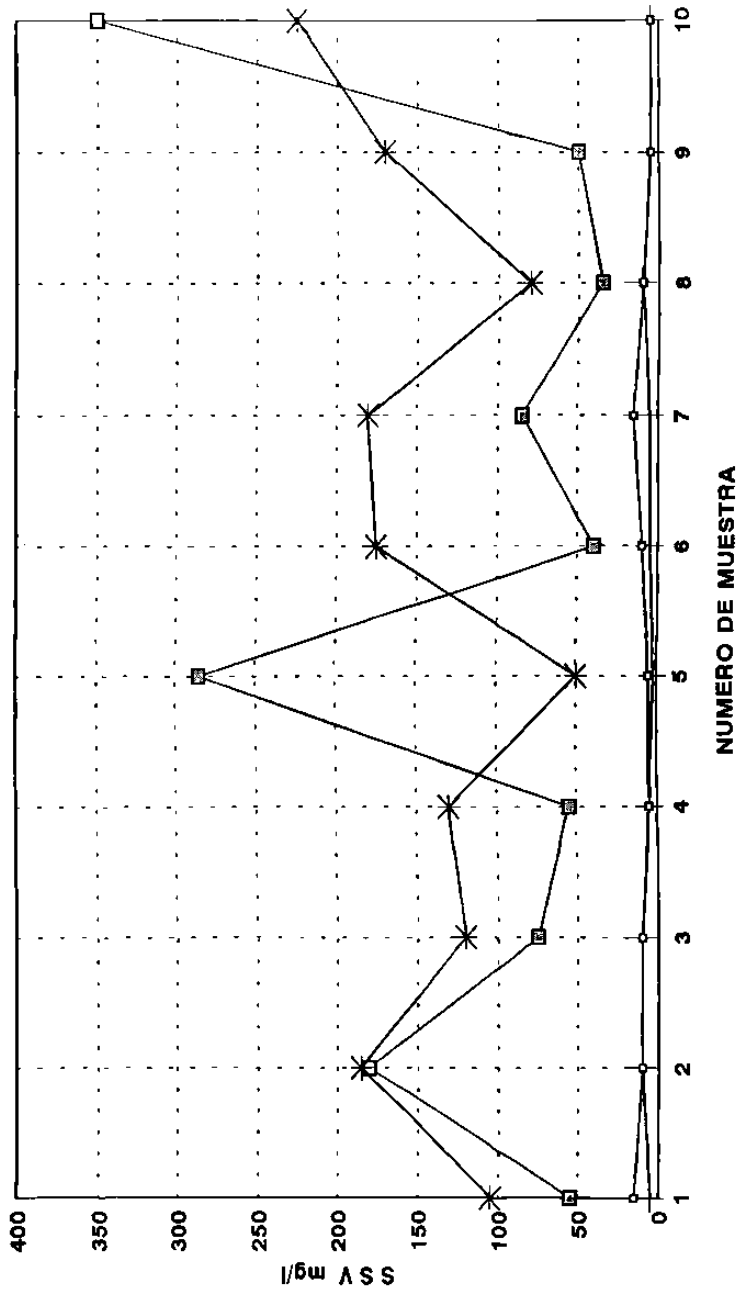
GRAFICA VIII-32 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



—□— SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN —■— ANAEROBICO SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

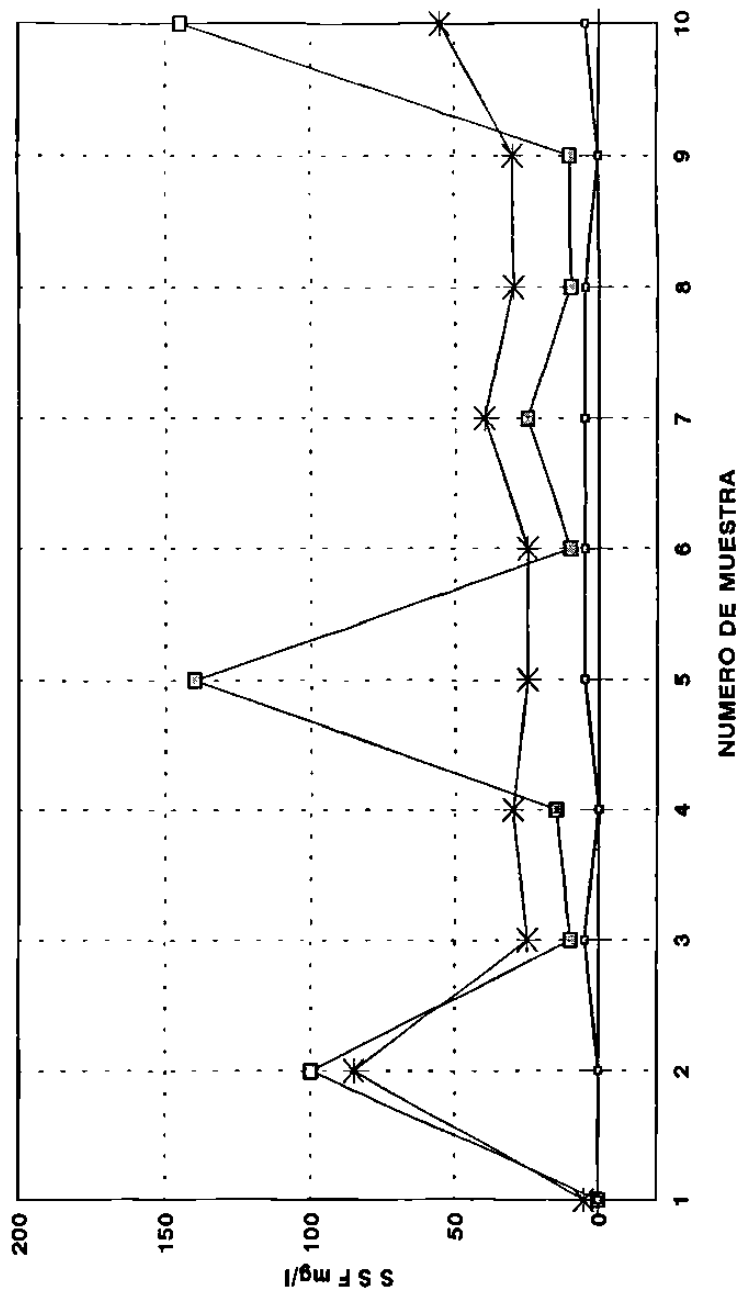
GRAFICA VIII-33 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



□ SBR * CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN ■ ANAEROBICO SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

GRAFICA VIII-34 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS

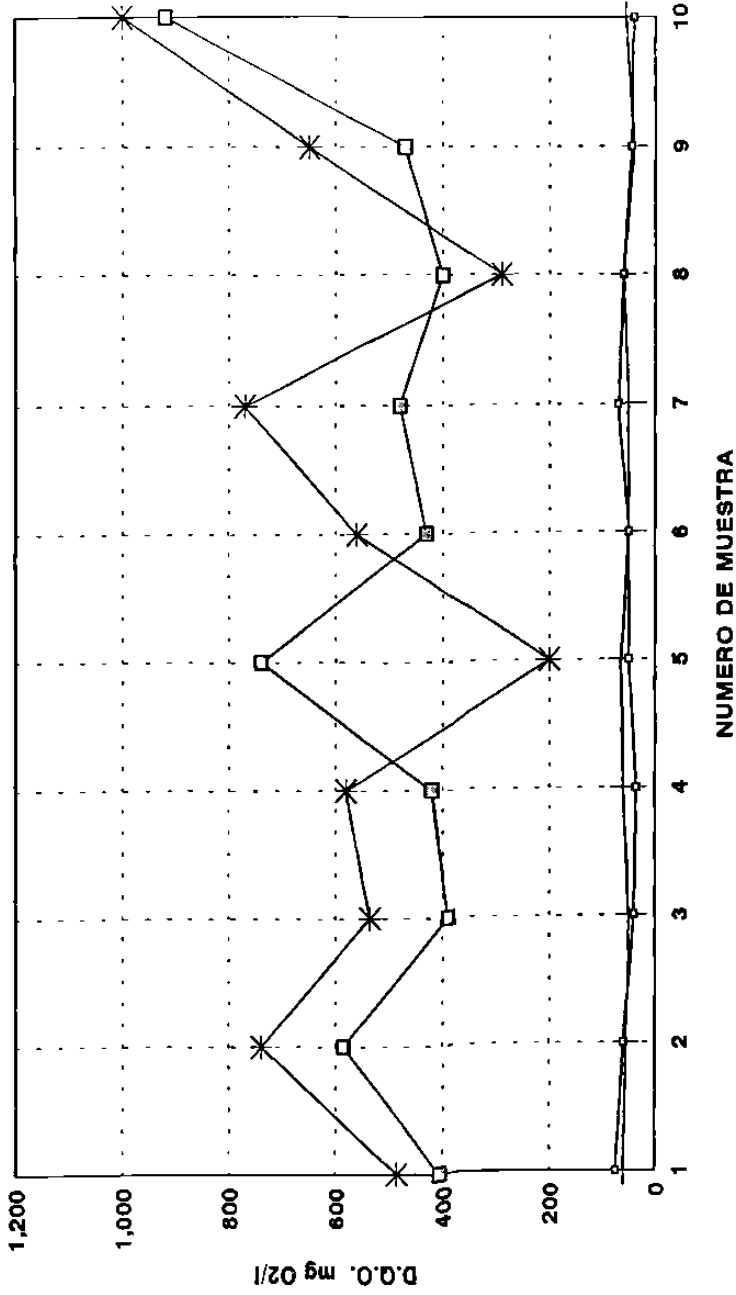


□ SBR * CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN ▣ ANAEROBICO SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

Estudio Comparativo de un Sistema Convencional con otro de Tipo Secuencial Intermitente.

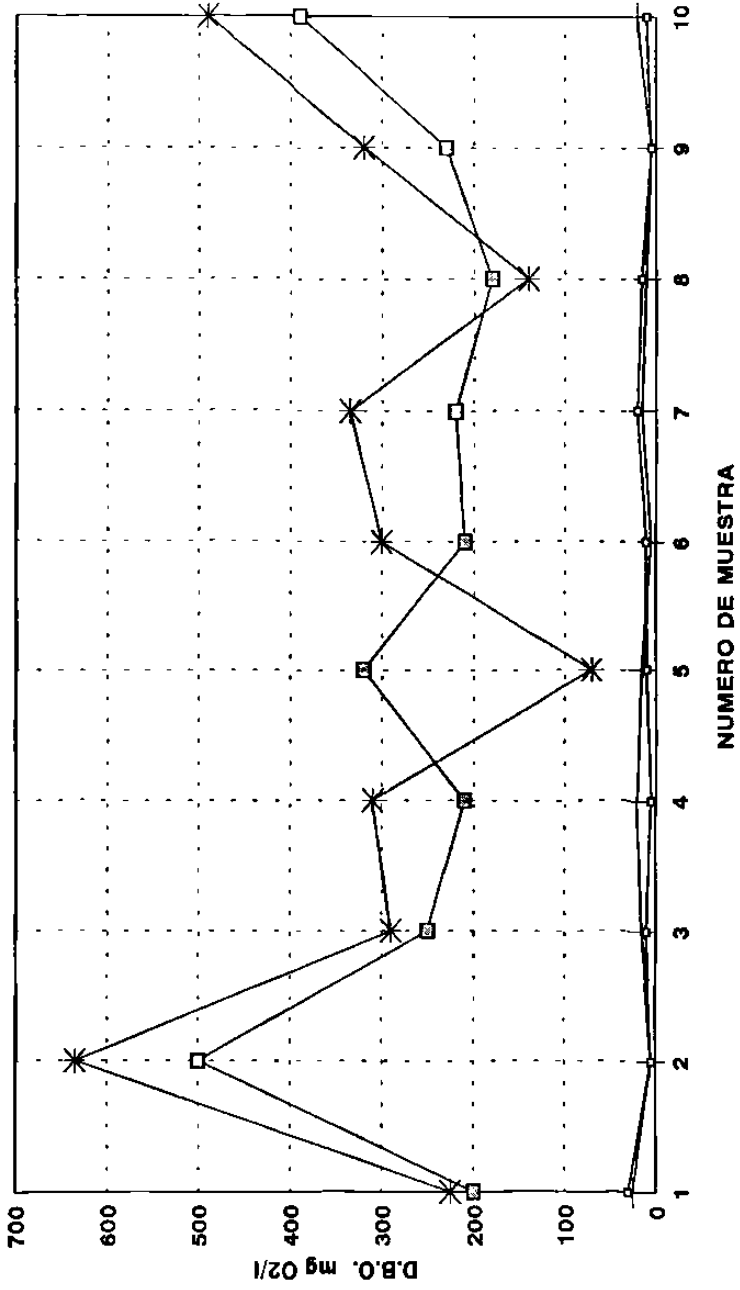
GRAFICA VIII-35 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE D Q O



—□— SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN —■— ANAEROBICO SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

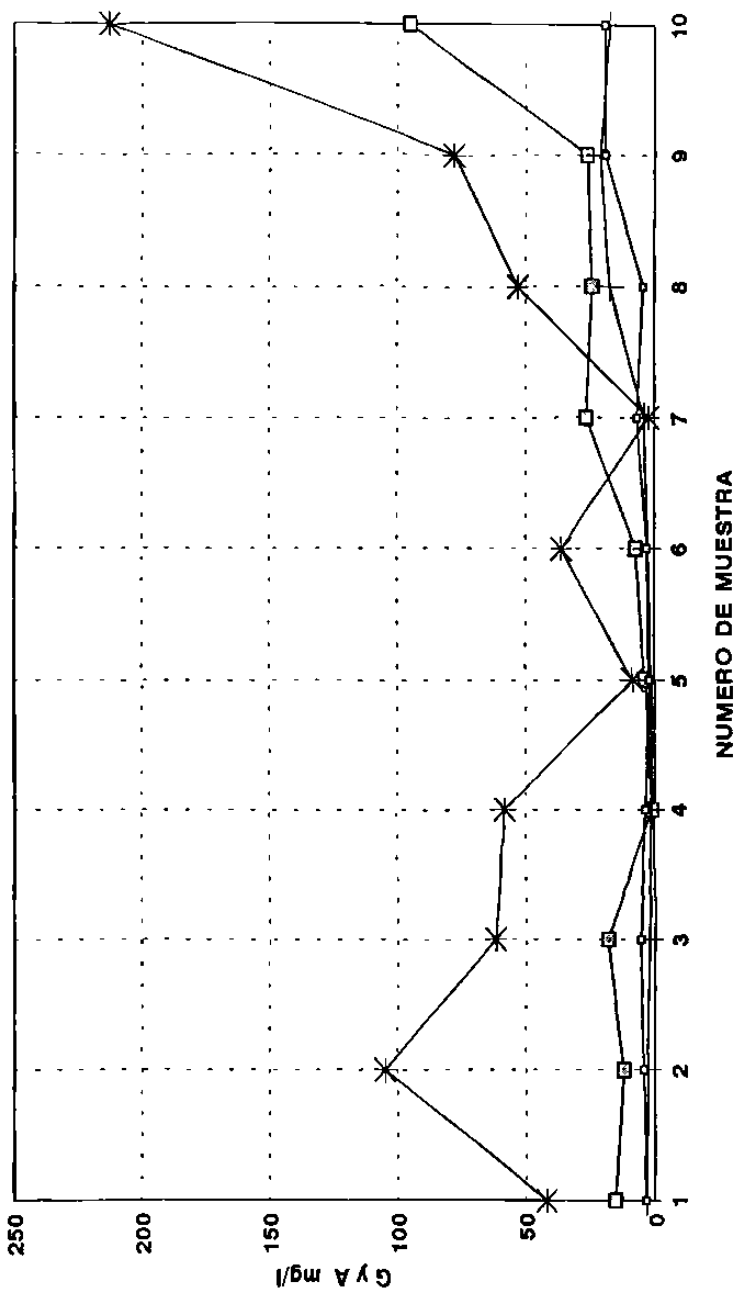
GRAFICA VIII-36 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE D B O



—□— SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN —■— ANAEROBICO SBR

FUENTE: Analisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

GRAFICA VIII-37 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA REMOCION DE GRASAS Y ACEITES

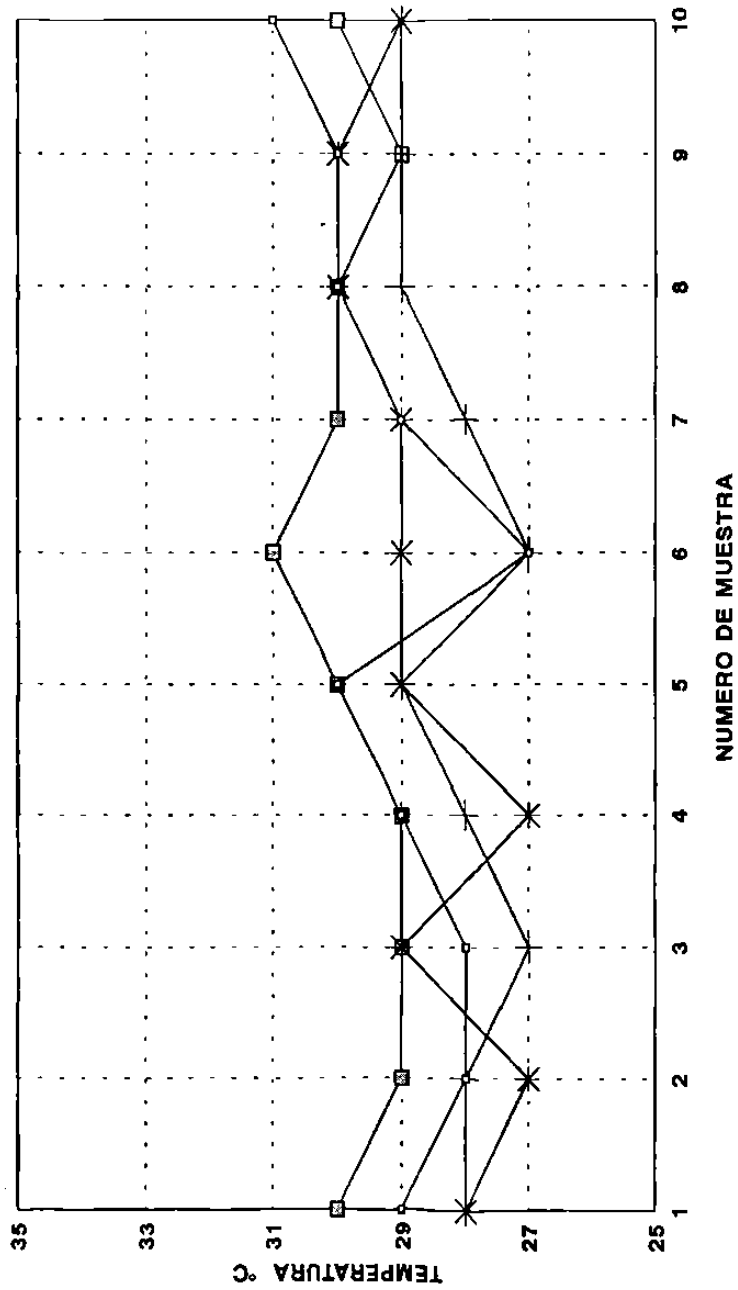


□ SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN ▣ ANAEROBICO SBR

FUENTE: Analisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

Estudio Comparativo de un Sistema Convencional con otro de Tipo Secuencial Intermitente.

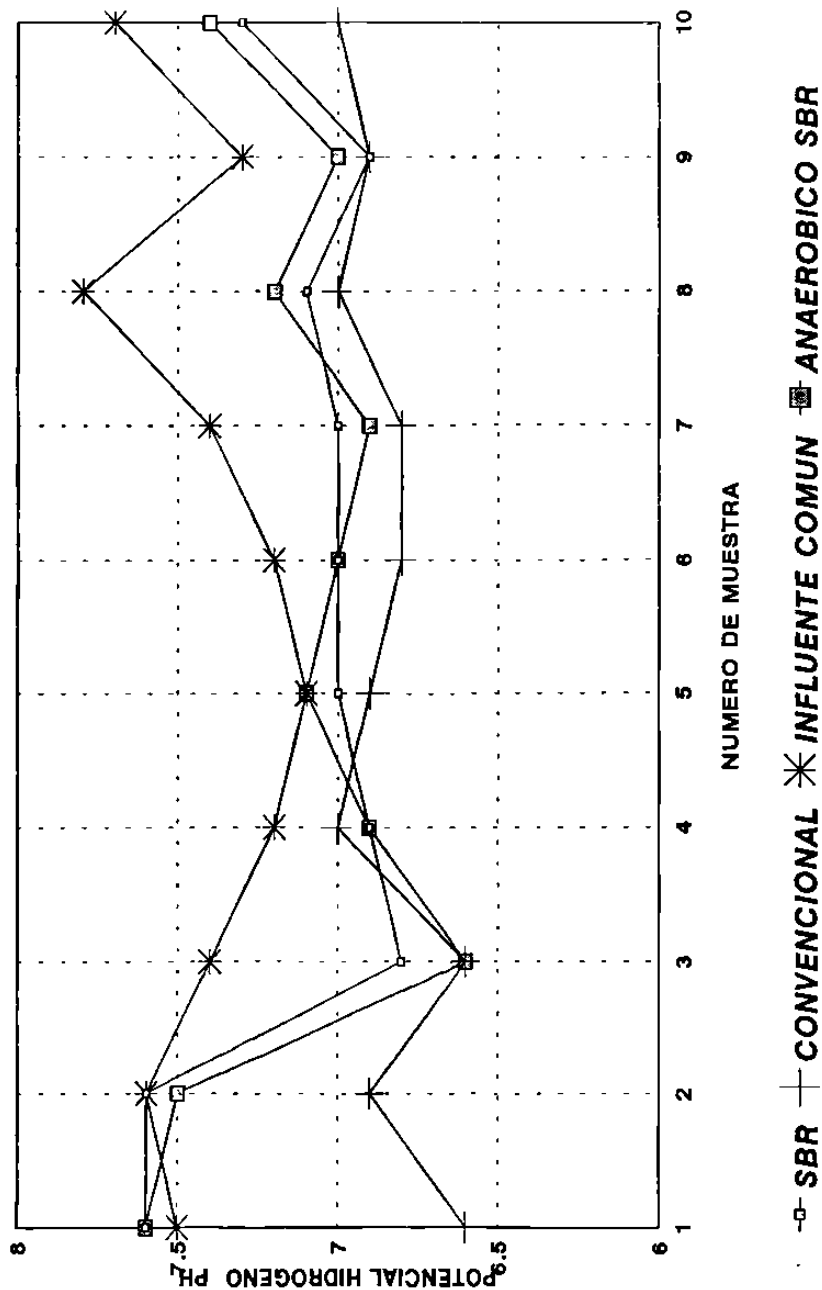
GRAFICA VIII-38 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA TEMPERATURA



□ SBR + CONVENCIONAL * INFLUENTE COMUN ▣ ANAEROBICO SBR

FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994

GRAFICA VIII-39 RESULTADOS DE ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL Y SECUENCIAL INTERMITENTE 3RA ETAPA POTENCIAL HIDROGENO EN INFLUENTE Y EFLUENTE



FUENTE: Análisis Realizados del 19 al 28 de Sep. de 1994