



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**División de Ciencias e Ingeniería**

Modificación Del Proceso De Lodos Activados;  
Contacto- Estabilización.

TRABAJO MONOGRÁFICO  
Para obtener el Grado de:  
  
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:

ELSIE GUADALUPE PECH WORRELL

SUPERVISORES

M.C. JUAN CARLOS AVILA REVELES  
M.C. JOSÉ MARTIN RIVERO RODRIGUEZ  
DR. JOSÉ MANUEL CARRION JIMENEZ

Chetumal Quintana Roo, México, Abril, 2008.



# UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Monografía elaborada bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**COMITÉ:**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**M.C JUAN CARLOS AVILA REVELES**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**M.C JOSÉ MARTIN RIVERO RODRIGUEZ**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ MANUEL CARRION JIMENEZ**

Chetumal Quintana Roo Abril de 2008

## **AGRADECIMIENTO**

### **EN HONOR A MIS PADRES Y A TODOS MIS MAESTROS.**

**Hoy doy gracias primero al creador por haberle permitido a mis padres y a mis maestros guiar mis pasos por el camino del bien.**

**A mis padres Julio Jesús y Elsie A Maria por la confianza que en mí depositaron a lo largo de estos 19 años de estudios y que no han dejado un solo minuto de decirme debes de salir adelante en todo lo que te propongas por tu bien y por todos los que te rodean. Que con su apoyo que me han brindado en mis logros y tropiezos hoy he logrado una de las metas que me he trazado en mi vida y quiero compartirlas con ellos y darle las gracias por la confianza que depositaron en mí.**

**Agradezco al maestro M.C Juan Carlos Ávila Reveles por haberme brindado su apoyo en mi trabajo monográfico, también al M.C José Martín Rivero Rodríguez por sus enseñanzas en las cuales fueron impartidas a lo largo de toda mi carrera y también por ser una persona justa y sobre todo comprensiva, y a cada uno de mis maestros que todo lo que he aprendido y el apoyo que me han brindado a largo de todos mis estudios he logrado esta etapa importante de mi vida; también al maestro Dr. José Manuel Carrión Jiménez por haberme brindado su apoyo y sus consejos en la realización de este trabajo monográfico; al igual que a la División de Ciencias e Ingeniería por haberme brindado ayuda económica para la realización de este trabajo.**

**Agradezco a mis compañeros de mi generación en la cual compartimos experiencias buenas, malas y sobre todo una buena amistad; que a lo largo de nuestra trayectoria que estuvimos en la Universidad aprendimos todos de cada uno, en especial los que ya somos egresados a: Elena, Karina, Cristina, Isaura y Joan; y aquellos que se quedaron esto es un estímulo para salir adelante en la escuela.**

**Por todo esto y mucho más.**

**GRACIAS**

**Este trabajo monográfico esta dedicado a:**

**Mis padres:**

**Julio Jesús y**

**Elsie A. María**

**A mis hermanitas:  
Juana Aracely,  
María Elizabeth y  
Arlene Adriana**

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>i</b>
<b>Justificación</b>	<b>ii</b>
<b>Objetivo General</b>	<b>iii</b>
<b>Objetivos Particulares</b>	<b>iv</b>
<b>1. Antecedentes históricos</b>	<b>1</b>
1.1 Parámetros de diseño.	3
1.2 Tiempo de retención de sólidos.	4
<b>2. Control de procesos en el sistema de lodos activados.</b>	<b>6</b>
2.1 Parámetros operacionales	6
2.2 Cantidad de microorganismos activos que se necesitan en el tratamiento.	8
<b>3. Lodos activados por aireación prolongada (o proceso de oxidación total).</b>	<b>10</b>
3.1 Aplicación de la aireación prolongada.	12
<b>4. Modificación Del Proceso De Lodos Activados; Contacto- Estabilización.</b>	<b>13</b>
4.1 Descripción del proceso.	14
4.2 Criterios de diseño.	15
<b>5. Parámetros de diseño.</b>	<b>17</b>
5.1 Operación y mantenimiento.	24
<b>6. Ventajas y desventajas del sistema de contacto – estabilización</b>	<b>25</b>
6.1 Ventajas del sistema de contacto- estabilización.	25
6.2 Desventajas del sistema de contacto – estabilización.	27
6.2.1 Causas y problemas habituales que afectan el rendimiento del proceso.	28
6.2.2 Problemas habituales.	30
<b>7. Recomendaciones.</b>	<b>32</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>33</b>
<b>Literatura consultada</b>	<b>34</b>
<b>Anexos</b>	<b>35</b>

## **Contenido de cuadros.**

<b>Cuadro 1. Comparación de los procesos de lodos activos convencional y de aireación prolongada.</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 2. Parámetros de diseño.</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 3. Parámetros de diseño en lodos activados.</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 4. Recirculación de lodos</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 5. Decantación secundaria</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 6. Parámetros de diseño en lodos en exceso</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 7. Características de funcionamiento</b>	<b>22</b>

## **Contenido de Figuras.**

<b>Figura 1. Proceso Biológico de Contacto- Estabilización.</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2. Diagrama de flujo del Sistema Contacto – Estabilización.</b>	<b>16</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El proceso de lodo activado es, seguramente, uno de los procesos biológicos más utilizados para el tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales.

Consiste en un reactor llamado tanque de aireación procedente del tanque de sedimentación y una línea de purga de lodo. El tanque de aireación es un reactor de crecimiento en suspensión que contiene conjuntos microbianos o flóculos de microorganismos denominados lodos activados. Los lodos activados se mantienen en suspensión en el reactor mezclado por aireación u otros medios mecánicos. Cuando los lodos del agua tratada y flóculos microbianos pasan al tanque de sedimentación, los flóculos se eliminan del agua tratada por sedimentación y vuelve al tanque de aireación o de residuo para controlar el tiempo de retención de los sólidos. Las claves de los procesos de los lodos activados son: la captura de flóculos en el tanque de sedimentación y su reciclado al reactor, debido a que conducen a una elevada concentración de microorganismos en el reactor. Así los lodos están “activados” en el sentido de que alcanzan una concentración mucho más elevada que la que se conseguiría sin el tanque de sedimentación y el reciclado. La elevada concentración de biomasa permite que el tiempo de retención del líquido sea pequeño, generalmente de horas, lo que hace al proceso mucho más eficiente en costo. (Rittman 2001).

Uno de los procesos mas utilizados es el de aireación prolongada o se le conoce también por oxidación total, es una modificación del proceso de lodos activados. La idea fundamental de la aireación prolongada al compararla con el proceso convencional de lodos activados, es disminuir la cantidad de lodo residual. Su TRH (tiempo de residencia hidráulica) es de 8 a 16 horas. La ventaja principal del proceso de aireación prolongada es que las instalaciones para la manipulación de lodos son muy pequeñas al compararlas con las que se necesitan en el proceso de lodos activados. (Ramalho 2003).

Otra modificación de los lodos activados es el de contacto- estabilización, en la cual se desarrolló para aprovechar las propiedades de adsorción del lodo activado. Se ha postulado que la eliminación de la materia orgánica consiste en dos etapas en el proceso de lodos activados. (Ramalho2003).

1.- La primera fase de adsorción durante la cual se adsorben en el lodo la mayor parte de las materias coloidales y finamente suspendidas. Su TRH es de 20 a 40 minutos. (Ramalho2003).

2.- La segunda fase de oxidación o estabilización, la materia orgánica adsorbida es asimilada por los microorganismos. Su TRH es de 1.5 a 5 horas. (Ramalho2003).

La finalidad es disminuir el volumen del tanque de aireación, manteniendo la misma cantidad de lodo en el sistema. (Ramalho2003).

## II. JUSTIFICACIÓN

Debido al auge de las instalaciones de las plantas de tratamiento de lodos activados convencional y de aeración extendida, los costos de operación y energéticos son muy elevados, por lo que uno de los objetivos es de reducir estos costos. Una planta de tratamiento convencional y de aeración extendida sus tiempos de residencia hidráulica es muy elevada, por lo que se ve reflejado en el costo de construcción del tanque de aeración o reactor biológico, además del inconveniente de la alta generación de lodo producido. El sistema de tratamiento del proceso de lodos activados por Contacto – Estabilización una de sus ventajas es la reducción de tiempo de residencia, por lo que se reduce el costo de construcción. Además se reduce los costos de operación. Las plantas de contacto - estabilización pueden funcionar sin la necesidad de la clarificación primaria, y la producción de lodos es menor.

Existe este tipo de proceso en la Península y se encuentra ubicado en los estados de Yucatán y Quintana Roo.

Localidad	Planta	Procesos	Cuerpo receptor o reuso
Cancún, Quintana Roo	Campo de golf "El Rey"	Lodos activados	Campo de golf
Progreso, Yucatán	Frac. Framboyanes	Lodos activados	Acuífero de Yucatán

### **Objetivo General.**

Que el presente trabajo permite ofrecer información sobre el diseño, operación, ventajas y desventajas del proceso de lodos activados: contacto-estabilización.

### **Objetivos Particulares.**

1. Describir el diseño y operación del proceso de modificación de los lodos activados contacto – estabilización.
2. Información sobre las ventajas y desventajas del proceso de modificación de los lodos activados contacto – estabilización.

## 1. Antecedentes históricos.

Cuando se inventó los procesos de lodos activados en 1914, no se conocían las cinéticas de crecimiento biológico, ni la eliminación del sustrato. Los diseños se basaban en las observaciones empíricas de las relaciones entre el tiempo de retención, la concentración de sólidos en el tanque de aireación y la eliminación de  $\text{DBO}_5$ .

El tiempo de retención hidráulico convencional entre 4 y 8 horas para la aireación de los tanques para el tratamiento de aguas residuales domésticas procede de esta época de empirismo estricto. Tales diseños fallaban cuando se trataba de aguas residuales industriales, especialmente de elevada resistencia. Era necesaria una mejor comprensión de los factores que afectaban al proceso.

Durante el final de la década de 1940 y el comienzo de la del 1950, fueron investigados otros parámetros. Uno de los que alcanzó creciente importancia era la carga orgánica, expresada como materia  $\text{DBO}_5$  aplicada por unidad de volumen de aireación de tanque.

La carga convencional es del orden de 35 libras de  $\text{DBO}_5$  al día por 1000 pies cúbicos de capacidad de aireación (0.56 kilogramos por metro cúbico al día).

Se hicieron varios intentos para aumentar esta tasa de carga, debido a su evidente repercusión en el tamaño del reactor y costo de capital. Sin embargo, no es más que un paso para entender los factores que controlan el proceso. Más tarde llegaron las relaciones entre el rendimiento del tratamiento, carga orgánica, MLSS, y suministro de oxígeno.

Aunque todavía bastante empírica, esta relación condujo a la observación de que el suministro de oxígeno era una de las principales limitaciones del sistema; si se pretendía obtener una mayor carga, tenían que desarrollarse métodos para transferir el oxígeno a mayor velocidad.

Una observación crítica era que una mayor carga requería una concentración más alta de MLSS. (Rittman 2001)

Finalmente fue reconocido que la concentración de MLSS representaba en cierta manera la concentración de bacterias activas en el sistema. En vista de que era (y sigue siendo) difícil de medir la concentración de microorganismos activos en la oxidación de DBO, los MLSS tienen muchas limitaciones. Por ejemplo, los MLSS contienen también sólidos en suspensión que están presentes en la corriente residual afluyente incluyendo sólidos en suspensión refractaria y los remanentes de sólidos en suspensión degradables.

Contienen también organismos predadores que no son consumidores primarios de DBO en el agua residual. Además están presentes células muertas y compuestos celulares especiales inactivos. Aunque los MLSS son una medida imperfecta de la población activa que interesa, su empleo en sustitución constituyó un paso principal en la dirección adecuada.

Aún más tarde, la fracción volátil de los MLSS, los MLSS (sólidos volátiles en suspensión en la solución mezcla) se convirtió en un mejor sustituto de los microorganismos activos. Los microorganismos consisten principalmente en materia orgánica y sólo alrededor del 10 por 100 de SS bacteriano es materia inorgánica.

Sin embargo, los sólidos en suspensión en los MLSS contienen frecuentemente una concentración más elevada de materia inorgánica, que proviene de limo, arcilla y arena que escaparon a la eliminación, en los tanques de sedimentación principales y algunos precipitados inorgánicos, como  $\text{CaCO}_3$ , que pueden formarse en el tanque de aireación. (Rittman 2001)

## 1.1 Parámetros de diseño.

La tasa de alimento con respecto a los microorganismos fue desarrollada en los décadas de 1950 y 1960 y todavía es ampliamente utilizada debido a su sencillez. Es intuitiva, fácil de explicar conceptualmente y descansa en medidas que se obtienen regularmente con relativa facilidad en prácticamente todas las plantas de tratamiento. Sin embargo, la tasa de alimento con respecto a los microorganismos tiene sus limitaciones debido a su simple forma.

En la ecuación la tasa de alimento con respecto a los microorganismos (F/M) es:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q^{\circ} S^{\circ}}{VX}$$

En la que:

$\frac{F}{M}$ : Tasa de alimento con respecto a microorganismos, de Kg de DBO o

DQO aplicada al día por Kg de sólidos en suspensión en el tanque de aireación.

$Q^{\circ}$ : Caudal de la corriente de agua residual afluyente ( $m^3/d$ ).

$S^{\circ}$ : Concentración del agua residual afluyente (DBO ó COD) en mg/l

$V$ : Volumen del tanque de aireación ( $m^3$ )

$X$ : Concentración de sólidos en suspensión en el tanque de aireación en mg/l.

El concepto F/M tenía alguna base en teoría, pero los valores utilizados en la práctica se obtuvieron simplemente a partir de las observaciones empíricas. Para un diseño convencional de un tratamiento de lodo activado de residuos domésticos, la tasa propuesta es 0.25 a 0.5 Kg de DBO al día por Kg de MLSS, intervalo que generalmente se traduce en un funcionamiento fiable con rendimientos de eliminación de DBO<sub>5</sub> de alrededor del 90%. (Rittman 2001).

## 1.2 Tiempo de retención de sólidos.

El empleo del tiempo de retención de sólidos, o  $\theta_x$ , para el diseño y operación de los sistemas de crecimiento en suspensión, evolucionó a partir de los fundamentos del crecimiento de bacterias desarrollado por Monod (1950) y los estudios cinéticos relacionados de la utilización del sustrato en reactores de alimentación continua. Estos importantes estudios establecieron que el tiempo de retención hidráulico de un CSTR (o tasa de dilución como lo definieron estos investigadores, que es el inverso del tiempo de retención hidráulico) controla la concentración residual de sustrato. Desde luego, sabemos ahora que el tiempo de retención hidráulico en un CSTR es igual a su  $\theta_x$ .

Desarrollos paralelos se produjeron en el campo de tratamiento de aguas residuales, donde se hicieron intentos para entender mejor la relación entre el rendimiento del tratamiento y parámetros de funcionamiento para los sistemas de lodos activados.

Una observación importante fue hecha por Gould, quien observó que las características de funcionamiento, incluyendo las del mismo lodo activo, se relacionaban con la que él llamo la edad del lodo. En su idea la edad del lodo como el peso de sólidos en suspensión, en los tanques de aireación dividido por el peso seco de los sólidos en suspensión de las aguas residuales que llegan. Esta definición difiere bastante de nuestra definición de  $\theta_x$ , como peso de los sólidos en suspensión en tanques de aireación dividido por el peso seco de los sólidos en suspensión que salen en el efluente y líneas de purga de lodo activo. Debido a que en las aguas residuales domésticas los sólidos en suspensión que entran y los que salen tienen cierto parecido en el caudal de materia, las observaciones empíricas de Gould eran a menudo consistentes con la teoría en uso, aunque por coincidencia. Sin embargo, la edad del lodo según la definición de Gould no debería de aplicarse, puesto que, en general, no existe relación entre los sólidos que entran y los que salen.

En la actualidad, a fin de evitar confusión,  $\theta_x$ , es conocido como tiempo de retención de sólidos, en lugar de la edad del lodo. (Rittman2001).

Garret y Sawyer (1951) fueron los primeros en aplicar directamente la idea de SRT como medida de actividad de lodo activo. Midieron la media del tiempo de retención de células en el reactor y lo relacionaron con la concentración total de sólidos en suspensión de una forma parecida a la utilizada en la definición corriente de  $\theta_x$ . El empleo sistemático de este concepto básico para el diseño de todos los sistemas de tratamiento biológico de crecimiento en suspensión no fue reseñado hasta 20 años más tarde, y la utilización generalizada tardo aún más. A pesar del cual, se impuso.

La Federación Ambiental del Agua y la Sociedad Americana De Ingenieros Civiles, las dos organizaciones profesionales de los Estados Unidos en el campo del tratamiento de aguas residuales, colaboraron durante muchos años para desarrollar manuales de diseño de plantas municipales para el tratamiento de aguas residuales.

En esencia  $\theta_x$ , es la variable principal para el diseño y operación de los procesos de los lodos activados, son debido a que está relacionada fundamentalmente con la tasa de crecimiento de microorganismos activos, que a su vez, controla la concentración del sustrato que limita la tasa de crecimiento en el reactor,  $\theta_x$  es una excelente elección debido a que todos los parámetros que comprende pueden medirse segura y consistentemente. El desafío en la práctica es, entonces, conocer que volumen de carga hay que utilizar para el tanque de sedimentación. (Rittman 2001).

## Capítulo 2. Control de procesos en el sistema de lodos activados.

### 2.1 Parámetros operacionales

Son una serie de parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de diseñar el reactor de aireación y el clarificador, siendo a su vez controlados para mantener un óptimo funcionamiento de la planta. Dichos parámetros son: [4]

#### Carga másica.

Es la relación que existe entre la carga de materia orgánica que entra en el reactor biológico por unidad de tiempo, y la masa de microorganismos existentes en el mismo. Se expresa como:

$$CM = \frac{Q * So}{V * X}$$

Q = caudal

So = DBO<sub>5</sub> inicial

V = volumen

X = sólidos en suspensión volátiles del licor de mezcla (SSV) del reactor de aireación. [5]

#### Edad del lodo.

Es la relación entre la masa de lodos existentes en el reactor de aireación y la masa de lodos en exceso extraídos por unidad de tiempo. Se expresa como:

$$E = \frac{V * X}{Qp * Xp}$$

Qp = caudal de la purga de lodos

Xp = SSV de la purga de lodos (lodos en exceso). [4]

### **Carga volumétrica.**

Es la relación entre la masa de materia orgánica que entra en el reactor por unidad de tiempo, y el volumen del reactor. Se expresa como: [5]

$$C_v = \frac{Q * S_o}{V'''}$$

### **Rendimiento.**

Es la relación que existe entre la masa de materia orgánica eliminada y la del influente que entra en el reactor biológico. Se expresa en %.

$$R = \frac{S_o - S}{S_o}$$

S = DBO<sub>5</sub> de la salida del decantador secundario. [4]

### **Parámetros de control**

Existen una serie de variables que hay que controlar para asegurarnos de que el proceso de lodos activados funciona bien. Entre estas variables se encuentran:

### **La calidad exigida al efluente.**

La calidad que las autoridades exijan al agua de salida, va a determinar tanto el funcionamiento del proceso como el control del mismo. Si se requiere un alto grado de tratamiento, el proceso deberá estar muy controlado y probablemente se requiera de un tratamiento adicional. Dicha calidad deberá ser determinada a través de las analíticas realizadas por el laboratorio.

### **Características del agua residual a tratar.**

Los caudales y características del efluente, se encuentran fuera del campo de actuación del operador, siendo competencia del laboratorio y de las autoridades municipales que controlan los residuos que se vierten en el sistema colector, evitando que determinadas industrias viertan residuos tóxicos para los microorganismos que trabajan en el reactor de aireación.

## **2.2 Cantidad de microorganismos activos que se necesitan en el tratamiento.**

La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento disponible, es un parámetro decisivo en el control del proceso. Si esta proporción no es equilibrada, aparecerán serios problemas en la planta. El número de organismos aumenta también al aumentar la carga de materia orgánica (alimento) y el tiempo de permanencia en el reactor de aireación (edad del lodo). El operador deberá eliminar el exceso de microorganismos (lodos en exceso o purga de lodos) para mantener el número óptimo de trabajadores para el tratamiento eficaz de las aguas. (White J.B. 1978).

Por otra parte, es fundamental proceder a una recirculación de lodos desde el decantador hasta el reactor de aireación, para mantener una concentración de organismos suficiente, ya que si no, se irían eliminando y se acabaría con un lavado del tanque.

El lodo del decantador debe extraerse tan pronto como se forme la manta de lodos, ya que de permanecer en él, pueden darse fenómenos que hagan que el lodo flote. El sistema de bombeo de lodos, por tanto, debe encontrarse en condiciones óptimas para actuar cuando se necesite.

Para conocer la concentración de microorganismos del licor de mezcla y de los lodos de recirculación, se determinará el nivel de sólidos volátiles en ambos.

### **Nivel de Oxígeno disuelto.**

El oxígeno que se aporte al reactor de aireación debe de ser suficiente para que, los microorganismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica.

La relación cantidad de oxígeno y la cantidad de alimento, debe estar regulada y mantenerse estable. Una descompensación en un sentido o en otro, puede dar lugar a una aparición de organismos filamentosos que tienden a flotar en el decantador secundario, alterando totalmente la separación sólido-líquido y tendiendo a ser lavados con el efluente.

El nivel de oxígeno disuelto suele medirse con sensores que dan información inmediata de las cantidades de oxígeno en el reactor, a partir de esta información los sistemas de agitación y de aireación se ponen en marcha o se paran.

La agitación debe de estar bien controlada, para que el oxígeno y el alimento se distribuyan homogéneamente por todo el reactor.

### **Tiempo de retención.**

Para que se pueda dar el proceso de oxidación biológica, es necesario que los microorganismos permanezcan un tiempo de contacto suficiente con las aguas residuales. Este tiempo de retención es uno de los parámetros que hay que tener en cuenta para diseñar los reactores, ya que en relación con el caudal a tratar y el tiempo que debe permanecer el caudal en el reactor, calcularemos el volumen de la misma.

### **Índice volumétrico de lodos.**

Se define como el volumen en ml ocupado por un gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla, tras una sedimentación de 30 minutos en una probeta de 1000 ml. Por lo tanto, tomamos 1 litro de licor mezcla y lo ponemos a sedimentar durante 30 minutos, apuntamos el volumen que ocupa el lodo y hacemos la relación:

$$IVF = \text{ml sólidos sedimentables} * 1000 / \text{ppm de SSLM}$$

Este valor nos da el comportamiento de los lodos en el decantador. Si el valor es menor de 100 implica lodos con desarrollo de organismos que sedimentan bien y por lo tanto, buena separación de sólido-líquido. Si el valor es superior, se han desarrollado organismos filamentosos con mala sedimentación, lo que nos lleva a una descompensación en el funcionamiento del sistema.

### **Capítulo 3. Lodos activados por aireación prolongada (o proceso de oxidación total)**

Este proceso, al que se conoce también por oxidación total, es una modificación del proceso de lodos activados. La idea fundamental de la aireación prolongada, al compararla con el proceso convencional de lodos activados, es disminuir la cantidad de lodo residual. Esto se consigue aumentando el tiempo de residencia; de esta forma el volumen de reactor es comparativamente mayor que el requerido en el proceso convencional de lodos activados. La ventaja principal del proceso de aireación prolongada es que las instalaciones para la manipulación de los lodos son muy pequeñas al compararlas con las que se necesitan en el proceso de lodos activados. (Ramalho2003).

Comparación de los procesos de aireación prolongada y lodos activados.

Existen cuatro características básicas que distinguen la aireación prolongada del proceso convencional de lodos activos:

1. Mayor tiempo de retención en el reactor.
2. Cargas orgánicas menores. En el proceso de aireación prolongada, la carga orgánica, se encuentra normalmente comprendida entre 0.10 y 0.25 / d, frente a los valores de 0.3 a 0.7/d del proceso convencional de lodos activos.
3. Mayores concentraciones de sólidos biológicos en el reactor. Estos valores varían entre 3500 y 5000 mg/l en la aireación prolongada frente a 2000-3000 mg/l del proceso convencional de lodos activos.
4. Mayor consumo de oxígeno en el proceso de aireación prolongada. Para el tratamiento de aguas residuales urbanas, Pasveer indica para el proceso de aireación prolongada un consumo de oxígeno aproximadamente el doble del requerido para el proceso de lodos activos convencionales.

Tabla 1. Comparación de los procesos de lodos activos convencional y de aireación prolongada.

Características	Lodos activados convencional	Aireación prolongada
Sustrato a microorganismos, kg DBO <sub>5</sub> /d kg MLVSS	0.3 – 0.7	0.10 – 0.25
Concentración de MLVSS en el reactor (mg/l)	2000-3000	3500-5000
Rendimiento global de disminución de la DBO <sub>5</sub> (incluye tanto la DBO <sub>5</sub> soluble como la insoluble, %)	85-95	85-98
Características del efluente		
DBO <sub>5</sub> soluble (mg/l)		
DBO <sub>5</sub> total (en suspensión + coloidal + soluble) (mg/l)	10-25 15-25	10-20 20-40
Sólidos en suspensión (mg/l)	< 20	<70
Producción de lodos (kg/kg DBO <sub>5</sub> consumida)	=0.03	=0.01
Requisitos de O <sub>2</sub> (como % de la DBO <sub>5</sub> consumida)	90-95	120
Tiempo de residencia en el reactor biológico.	4-8 h	15-36 h
Edad de los lodos	5-15 días	20-60 días

Fuente: EPA 1997

### **3.1 Aplicación de la aireación prolongada.**

El proceso de aireación prolongada ha sido aplicado principalmente en el tratamiento de las aguas residuales cuando el volumen diario es menor de  $8\text{m}^3/\text{d}$ . Estos caudales corresponden al tratamiento de las aguas negras de pequeñas comunidades, urbanizaciones, áreas de recreo y algunos residuos industriales. Se dispone comercialmente de unidades prefabricadas de aireación prolongada. Si se diseñan y manejan adecuadamente no presentan problemas de olores y de esa forma pueden instalarse dentro de zona poblada. (Ramalho2003).

Unidades de aireación prolongada.

En la unidad de aireación convencional el afluente pasa primero a través de una reja para separar los sólidos en suspensión gruesos con objeto de proteger el reactor de los daños que resultarían de su obstrucción. En algunas unidades se suministra un triturador en lugar de una reja. El efluente del clarificador puede clorarse antes de su descarga en las aguas receptoras.

Unidad de aireación prolongada: es la parte esencial de este sistema, es un canal de aireación provisto de un rotor de aireación. Este rotor tiene dos funciones: aireación y provisión de velocidad al licor de mezcla en el canal.

Los dos modelos de rotores utilizados con mayor frecuencia son los de cepillo y los de tipo jaula. La velocidad del líquido es de orden de  $0.3\text{ m/s}$ . La mezcla de agua negra pasa repetidamente por el rotor de aireación a intervalos cortos. Los rotores tienen normalmente un diámetro de aproximadamente  $75\text{cm}$ , giran a  $75\text{rpm}$ , con una profundidad de inmersión de  $15\text{cm}$  y capacidad de oxigenación del orden de  $3\text{kg O}_2 / \text{h}$ . El objetivo fundamental del proceso de aireación prolongada es, reducir la manipulación de lodos, normalmente no se incluye la clarificación primaria como parte de dicho proceso. (Ramalho2003).

## Capítulo 4. Modificación Del Proceso De Lodos Activados; Contacto- Estabilización

El proceso de contacto – estabilización es otra modificación de los lodos activados, se desarrolló para aprovechar las propiedades de adsorción del lodo activado. Permite conseguir un elevado rendimiento de tratamiento en un volumen total de reactor considerablemente reducido.

Se ha postulado que la eliminación de la DQO tiene lugar en dos etapas en el proceso de los lodos activados.

La primera es la fase de adsorción durante la cual se absorben en el lodo la mayor parte de las materias coloides y finamente suspendidas.

En la segunda fase, oxidación o estabilización, la materia orgánica adsorbida es asimilada por los microorganismos. (Ramalho2003).

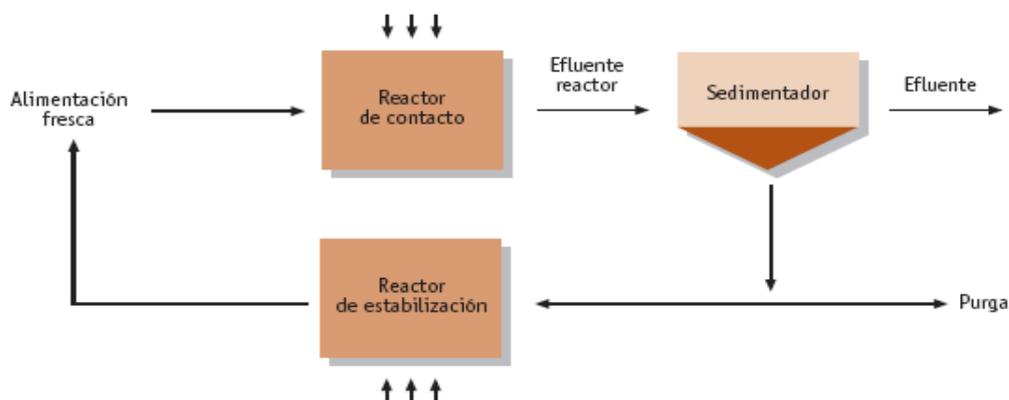


Figura 1. Proceso biológico de contacto – estabilización.

#### **4.1 Descripción del proceso.**

El agua residual afluyente se mezcla con lodo estabilizado y esta mezcla se somete a aireación en el tanque de contacto inicial para el cual el tiempo de retención es solamente de 20 a 40 minutos. Esto representa el tiempo durante el cual los contaminantes orgánicos más fácilmente biodegradables son oxidados o almacenados en las células y la materia en partículas es adsorbida en los flóculos del lodo activo. Durante el contacto inicial se separa una fracción apreciable de demanda biológica de oxígeno, en suspensión y disuelta, mediante bio-absorción después de estar en contacto con el lodo activado suficientemente aireado. El efluente mezcla procedente del tanque de contacto inicial fluye al sedimentador. Se separa el efluente clarificado y la descarga del sedimentador se lleva a un tanque de estabilización en donde es aireado durante un periodo de 1.5 a 5 horas, es ahí donde las partículas orgánicas adsorbidas, los sustratos almacenados y la biomasa se oxidan.

La finalidad es disminuir el volumen del tanque de aireación manteniendo la misma cantidad de lodo en el sistema.

Durante este periodo de estabilización los productos orgánicos adsorbidos se rompen mediante degradación aerobia. El lodo estabilizado que abandona el tanque de estabilización lo hace en condiciones de << inanición >> y dispuesto por lo tanto a adsorber residuos orgánicos.

Se dispone comercialmente de plantas prefabricadas de contacto-estabilización. Estas unidades se construyen en acero y tienen una sección circular. El sedimentador se coloca en el centro de la unidad, y los tanques de contacto inicial y de estabilización son periféricos. Aunque el tiempo de residencia en el tanque de estabilización es mayor que en el tanque de contacto inicial, maneja un volumen mucho menor de líquido y en consecuencia sus dimensiones son menores que las de contacto inicial. La aireación de los tanques de estabilización y de contacto inicial en las plantas prefabricadas, se lleva a cabo normalmente mediante difusores. (Ramalho2003).

#### **4.2 Criterios de diseño.**

Para el diseño de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales; el primer paso es, determinar las características anticipadas del agua residual y los requerimientos para el efluente del sistema propuesto. Los parámetros del afluente incluyen típicamente el caudal de diseño, el caudal diario máximo, la DBO<sub>5</sub>, los SST, el pH, la alcalinidad, el nitrógeno total Kjeldahl (NTK), el nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>- N) y el fósforo total. Pueden requerirse también otros parámetros para las aguas residuales industriales y domésticas. Se debe contactar a la agencia reguladora estatal para determinar los requerimientos para el efluente de la planta propuesta. Estos parámetros de descarga son determinados por cada estado en el permiso del Sistema Nacional de Eliminación de las Descargas Contaminantes (National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES). Los parámetros que normalmente se incluyen en los permisos para los sistemas municipales son el caudal, la DBO<sub>5</sub>, los SST y las bacterias coliformes fecales. Además, muchos estados están adoptando la remoción de nutrientes, por lo cual también pueden requerirse el nitrógeno total, el NTK, el NH<sub>3</sub>-N y el fósforo total. Es imperativo establecer los requerimientos del efluente porque estos impactan la secuencia de operación de los sistemas SBR. Por ejemplo, si se tiene un requerimiento de NH<sub>3</sub>-N o NTK, entonces es necesario tener nitrificación. Si se tiene un límite de nitrógeno total, tanto nitrificación como desnitrificación serán necesarias. Una vez que se determinan las características del afluente y el efluente, el ingeniero normalmente consulta con fabricantes de SBR en cuanto a las recomendaciones de diseño. Con base en estos parámetros y otros específicos para el sitio de tratamiento, tales como la temperatura, se seleccionan los parámetros clave de diseño del sistema. Un ejemplo de esos parámetros para la carga de un sistema de aguas residuales. Una vez que se determinan los parámetros clave de diseño, se puede calcular el número de ciclos por día, el número de tanques, el volumen de decantación, el tamaño del reactor y los tiempos de retención. Además, se puede dimensionar el equipo de aireación, el decantador y las tuberías asociadas.

Otra información específica del sitio, es necesaria para seleccionar el tamaño de los equipos de aireación, tal como la elevación del terreno sobre el nivel del mar, la temperatura del agua residual y la concentración total de sólidos disueltos. [4]

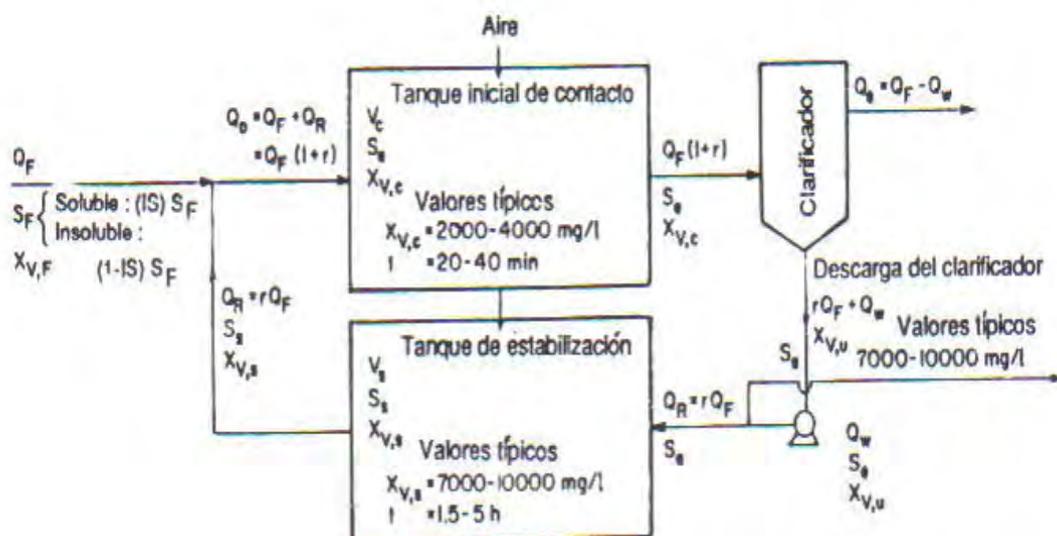


Fig. 2 Diagrama de flujo del sistema contacto-estabilización.

## Capitulo 5. Parámetros de diseño.

Es importante tener en cuenta una serie de consideraciones:

- La cota de la superficie del agua no variará más de 30 mm frente a variaciones de caudal normales. El resguardo será como mínimo de 50mm.

- Parámetros de diseño y consideraciones funcionales:

Tabla 2.

Tratamiento biológico			
Parámetros	Proceso convencional	Aireación prolongada	Contacto – estabilización
Carga masica ( $m^3 / m^3 / h$ )	0.3-0.5	<0.1	C. Contacto 0.5-1.5
Concentración sólidos en el reactor(ppm)	MLSS < 3500	4000	C. Contacto < 3000 C. Estabiliz < 6000
Tiempo de retención hidráulica (h)	Qmax >2 Qmed >4	24	C. Contacto 1-2 C. Estabiliz 3.5-4.5
Demanda teórica de oxígeno*)(85kg O <sub>2</sub> / kg DBO <sub>5</sub> eliminada)	> 0.85	>2	> 0.85 C. Contacto >0.3 C. Estabiliz >0.55
Concentración O <sub>2</sub> disuelto en el reactor (mg/l)	>2	>2	>2
Posibilidad de nitrificación	Cn= 0.3 T>19°C Cn= 0.4 T>21°C Cn=0.5 T> 23.5°C	Si	Cn= 0.3 T>19°C Cn= 0.4 T>21°C Cn=0.5 T> 23.5°C

Fuente: EPA 1997

En la siguiente tabla, se presentan algunas características y parámetros más significativos de los dos sistemas de lodos activados.

Tabla 3. Parámetros de diseño en lodos activos.

<b>Parámetros</b>	<b>Aireación prolongada</b>	<b>Contacto estabilización</b>
CM(kg DBO/kgMLSS.d)	0.05-0.0.15	0.20-0.60
TRC(d)	20-30	6-12
MLSS(mg/l)	3000-60000	1000-3000(c) 4000-10000(e)
CV (KgDBO/ m <sup>3</sup> d)	0.15-0.40	0.50-0.65
TRH (h)	18-36	0.30-0.70 ( c) 4-8(e)
Recirculación (%)	75-150	25-100
Kg O <sub>2</sub> / Kg DBO eliminado	1.50-1.80	0.7-1.0
Reducción (N) NH <sub>3</sub> (%)	90	20
Fracción volátil MLSSV	0.60-0.70	0.60-0.80

Fuente: Ramalho R.S. (2003).

Tabla 4. Recirculación de lodos.

<b>Recirculación de lodos</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Proceso convencional</b>	<b>Aireación prolongada</b>	<b>Contacto-estabilización</b>
Capacidad (%Qmed)	>100	>150	>100
No de unidades iguales	>2	>2	>2
Capacidad de reserva	>50%	>50%	>50%
Concentración de lodo recirculado: como máximo 8,000mg/l para el decantador secundario de extracción central y 6,000mg/l para el decantador secundario de succión.			
Equipos de recirculación: bombas que no rompan el floculo.			

Fuente: EPA 1997

Tabla 5. Decantación Secundaria

<b>Decantación secundaria</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Proceso convencional y contacto estabilización</b>	<b>Aireación prolongada</b>
Carga superficial	Qmed < 0.8 Qmax < 1.5	Qmed < 0.5 Qmax < 0.9
Carga Sólidos a MLSS >2500 ppm	Qmed < 2.5 Qmax < 4.5	Qmed < 1.8 Qmax < 3.2
Tiempo de retención hidráulica a Qmax (h)	3	3 - 5
Q/ml de vertedero	Qmed < 12 Qmax < 20	
Calado cilíndrico	>3	

Fuente: EPA 1997

Para diámetros < 35 m. El decantador será de extracción central

Para diámetros  $35 < \phi < 45$ . El decantador será de succión.

Para diámetros > 45 m. El decantador será de extracción radial.

Lodos en exceso

Tabla 6. Los parámetros de diseño serán:

<b>Lodos en exceso</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Proceso convencional</b>	<b>Aireación prolongada</b>	<b>Contacto – estabilización</b>
Producción(kg/ kg DBO <sub>5</sub> eliminado)	Calcular	Calcular	Calcular
Deberá instalarse una bomba de reserva.			
Capacidad de bombeo suficiente para extraer el volumen diario en 6 horas como máximo.			
Concentración de lodo recirculado: como máximo 8,000mg/l para decantador secundario de extracción central y 6,000mg/l para decantador secundario de succión.			

Fuente: EPA 1997

Tabla 7. Características de funcionamiento.

Proceso	Tipo flujo	Aireación	%elim. DBO5	T( $\theta_x$ )	KgDQO/kg SSImvs	KgDQO/M3D	SSLM (MG/L)	Y/Q(H)	Qr/Q
Convencional	Pistón	Difusor aireación mecánica	80-85	3-15	0.2-0.4	0.32-0.64	1500-3000	4-8	0.25-0.35
Mezcla completa	Mezcla Completa	Difusor aireación mecánica	80-85	3-15	0.3-0.6	0.15-1.92	2500-4000	3-5	0.25-1.0
Aireación extendida	Pistón	Difusor	80-85	3-15	0.2-0.4	0.45-0.56	2000-3500	3-5	0.25-0.75
Aireación modificada	Pistón	Difusor	60-75	0.2-0.5	1.3-5.0	1.20-2.40	2000-4000	1.3-3	0.05-0.25
Contacto – estabilización	Pistón	Difusor aireación mecánica	90-95	5-15	0.2-0.4	0.96-1.20	1000-3000c 4000-12000e	0.5-1c 3-6e	0.5-1.5
Aireación prolongada	Pistón	Difusor aireación mecánica	75-85	20-30	0.03-0.13	0.15-0.40	3000-6000	18-36	0.3-1.5
Aireación alta carga	Mezcla Completa	Difusor aireación mecánica	75-85	5-20	0.4-1.5	1.1-1.45	4000-10000	2-4	1.0-5.0
Proceso Kraus	Pistón	Difusor	70-80	5-15	0.3-0.4	0.95-1.25	2000-3000	4-8	0.5-1.0
Oxigeno puro	Mezcla completa	Difusor aireación mecánica	85-90	3-15	0.25-1.0	1.40-1.50	2000-5000	1-3	0.25-0.3
Oxidación	Pistón	aireación mecánica	75-85	20-30	0.05-0.30	0.3-0.8	3000-4000	0.36	0.73-1.5

Fuente: EPA 1997

Como criterios de diseño a tener en cuenta en la selección de un sistema u otro; se consideran los siguientes:

1. Los sistemas que producen menor cantidad de lodos son la aireación prolongada, lodo activado convencional y contacto estabilización, con altos tiempos de retención en el reactor de estabilización.
2. Cuando la concentración de grasas y aceites este entre 75-200 mg/l, resulta necesario un desengrasador cuando empleemos sistemas de alta carga, mezcla completa y contacto-estabilización. Los otros dos sistemas no lo necesitan.
3. Frente a las variaciones de caudal y carga, afluentes tóxicos, el proceso de aireación prolongada tiene mejor comportamiento.
4. Cuando adoptemos el sistema de contacto estabilización, si las variaciones de caudal son importantes ( $C_p > 4$ ), se hace imprescindible instalar un tanque de regulación en cabecera.
5. Si los niveles de amonio requeridos en el efluente son bajos (1- 3 ppm), se debe de emplear proceso de baja carga: aireación prolongada. [5]

## **5.1 Operación y mantenimiento.**

Se debe tener un manual de operación y mantenimiento que contemple los siguientes aspectos:

- Control de olores
- Operación en condiciones de caudal mínimo y máximo.
- Arranque.
- Control del sistema de aireación y del oxígeno disuelto.

Programa de mantenimiento preventivo.

- Ensayos de laboratorio adecuadamente programados.
- Control de lodos.
- Control de la recirculación.
- Control del abultamiento
- Control de espumas.
- Operación bajo condiciones de caudal mínimo y caudal máximo.

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de agua potable y saneamiento básico Ras – 2000.

## **Capitulo 6. Ventajas y desventajas del sistema de contacto – estabilización**

### **6.1 Ventajas del sistema de contacto-estabilización.**

La mayor ventaja del sistema de contacto – estabilización es la reducción del volumen total del reactor. Para obtener la DBO y un buen lodo activo sedimentado, es necesario un cierto  $\theta_x$  para el sistema de tratamiento total.

El numerador en el cálculo de  $\theta_x$ , es la suma del total de materia de MLSS combinada de los tanques de contacto y estabilización.

Por ejemplo, si se produjeran 1000kg de MLSS como purga de lodo al día y la masa de los MLSS en el tanque de contacto fuera 2000 kg y la de estabilización, 6000 kg,  $\theta_x$  sería igual a  $(2000+6000) \text{ kg} / 1000 \text{ kg/d}$ ; es decir 8d. En este ejemplo, vemos que el 75% de los MLSS residen en el tanque de estabilización. La clave es en el ahorro de volumen, en que la concentración de MLSS es mucho más alta en el tanque de estabilización que en el de contacto, puesto que el tanque de estabilización recibe lodo más espeso de la corriente inferior del tanque de sedimentación. Si el 75 por ciento de la biomasa está contenida en un volumen que tiene cuatro veces de lodo concentrado, el volumen total del reactor de estabilización por contacto es entonces sólo el 44% de un sistema convencional de lodo activo. La información suministrada al tratar de los criterios de carga amplía el estudio sobre las sustanciales reducciones de volúmenes de reactor que pueden obtenerse mediante estabilización por contacto.

Los rendimientos globales de separación son normalmente menores que en el proceso convencional de lodos activados pero se puede alcanzar fácilmente una separación de la DBO del 85 al 90%.

El proceso de contacto- estabilización es adecuado cuando el agua residual contiene una proporción elevada de DBO en las formas coloidales y en suspensiones. Las plantas de contacto - estabilización pueden funcionar sin la necesidad de la clarificación primaria. (Rittman 2001)

Son eficientes para tratar flujos pequeños de las aguas residuales de moteles, de escuelas, y de otras fuentes relativamente aisladas de las aguas residuales. Ambos tratamientos se proporcionan generalmente en prefabricado. Se han adoptado y se han aplicado en las plantas a gama completa que trataban las aguas residuales domésticas. Esta modificación del lodo activado es especialmente ideal para pequeños mediados de escala, las plantas en donde las aguas residuales del efluente contienen una fracción alta de DQO de las partículas. (Rittman 2001)

Reduce al mínimo el consumo de energía en el tratamiento secundario. El sistema de contacto - estabilización permite el funcionamiento máximo, con flexibilidad operacional máxima. (Metcalf 1996).

## 6.2. Desventajas del sistema de contacto – estabilización.

Un inconveniente del sistema de estabilización por contacto es que requieren sustancialmente mayor destreza operativa y atención.

Primero, se precisa manejar dos soluciones mezcla y ambos resultados son necesarios para calcular el TRH.

Segundo, el pequeño volumen del tanque de contacto hace que la calidad del efluente sea susceptible de sufrir repentinos aumentos de la carga. (Rittman 2001).

La estabilización por contacto sólo debería utilizarse cuando la atención y destreza de los operadores sean altas y cuando el sistema no esta sometido a cambios grandes y súbitos en la carga. Desgraciadamente, muchos fabricantes de “plantas compactas” escogen utilizar la configuración de estabilización por contacto.

Estas plantas se instalaron en pequeñas ciudades y establecimientos industriales en los que el funcionamiento y las condiciones de carga eran exactamente las opuestas a las necesarias.

Presumiblemente tales plantas tendrán constantes fallos y una pobre calidad del efluente. En la mayoría de los casos, la mejor estrategia es convertirlas a la configuración de mezcla completa.

¿Cuál afecta directamente la caracterización del efluente que tiene la mayor parte de la biomasa en el reactor de la estabilización (punto bajo del significado? ¿Los valores) disminuyen el tiempo hidráulico nominal de la retención (? HN) del sistema. Sin embargo el factor de la distribución del lodo debe ser bastante arriba para asegurar una calidad del efluente aceptable. [2]

### 6.2.1 Causas y problemas habituales que afectan el rendimiento del proceso.

Los caudales y la composición de las aguas residuales varían a lo largo del día. El operador debe de intentar mantener el proceso en situación estable y debe de hacer frente, a las variaciones de caudal y carga para conseguir un efluente de calidad. (Henze Mogens1978)

Las variaciones que pueden afectar el funcionamiento de la instalación pueden tener dos orígenes: el sistema colector y la propia depuradora.

Pueden ser debidas a:

**Sistemas de alcantarillado unitario**: en épocas de lluvia, la estación depuradora recibe un caudal superior al habitual lo que plantean diversos problemas como son: un menor tiempo de residencia del agua en las unidades de tratamiento, mayor arrastre de sólidos y aumento de la carga orgánica debido al arrastre de residuos acumulados en las alcantarillas.

**Usuarios del sistema**: los vertidos de las industrias producen variaciones tanto en el caudal como en las características de las aguas residuales que llegan a la planta depuradora. Este punto se ha de controlar para poder tomar las medidas oportunas.

**Mantenimiento del sistema colector**: conocer anticipadamente estas actividades nos puede ahorrar muchos problemas. Por ejemplo si se pone en funcionamiento una estación elevadora que lleva mucho tiempo sin funcionar, grandes volúmenes de aguas sépticas pueden producir cargas de choque en el tratamiento, ocurriendo lo mismo cuando se desatasquen tuberías o se conecten tuberías nuevas al sistema. [3]

Variaciones en el funcionamiento del sistema pueden ser los siguientes:

- Influyente de mayor carga o de características difíciles de tratar.
- Concentración inadecuada de microorganismos en el aireador.
- Evacuación excesiva o insuficiente de lodos en exceso.
- Caudal de recirculación de lodos inadecuado.
- Excesivo tiempo de permanencia de lodos en el decantador.
- Disminución o exceso de oxígeno en el reactor de aireación.
- Falta de homogeneidad en el reactor por una agitación deficiente.[7]

### **6.2.2 Problemas habituales.**

El operador deberá estar siempre alerta frente a la posibilidad de que se viertan tóxicos, a los vertidos accidentales y frente a las tormentas o cualquier otro factor que pueda causar una variación en el caudal del efluente o en sus características. Para compensar los excesos de sólidos y aumento de caudal en épocas de lluvia, se reajustan los caudales de recirculación y la purga de lodos para mantener la máxima concentración de lodos activados en el reactor de aireación. Los cambios en las características de las aguas residuales por vertidos industriales pueden ser puntuales o estacionales. Intentar mantener una buena relación con los gerentes de las fábricas y consigan que se comuniquen a cualquier cambio que pueda ocasionar problemas. Intentar convencerlos de que descarguen los vertidos anormales poco a poco y no de una vez. Normalmente los sólidos que salen del digester de lodos, presentan una elevada demanda de oxígeno inmediata y contienen gran cantidad de sólidos coloidales y disueltos de bajo contenido volátil. Si estos sólidos pasan al reactor de aireación, se producen en el reactor una demanda de oxígeno superior a la habitual, por lo que es necesaria regular la aireación. Además se han de regular los caudales de purga y recirculación con mucho cuidado, ya que la concentración en sólidos inertes (no biológicos) aumenta y si purgamos excesivamente podemos lavar de microorganismos en el reactor biológico. [1]

Existen otro tipo de factores que estimulan también el desarrollo masivo de estos organismos como son: la calidad del agua residual a tratar, la presencia de putrefacción en el agua, bajas cantidades de fósforo, etc. Es necesario, por tanto, un buen mantenimiento de las condiciones funcionales de la planta para evitar el esponjamiento de los lodos y si esto sucede, hay que actuar rápidamente, aumentando la densidad de estos lodos.

Este aumento de densidad se puede conseguir bien variando las condiciones del proceso (caudales de purga y recirculación, niveles de oxígeno disuelto, carga de alimentación), bien incrementando los sólidos inertes en el reactor de aireación o añadiendo sustancias como son los floculantes químicos, arcillas o bentonitas. [6]

## **Capítulo 7. Recomendaciones.**

El proceso de Contacto- Estabilización se recomienda para aquellos que tienen flujos pequeños de las aguas residuales, como el de moteles, en las escuelas, en plantas paquetes para el tratamiento de agua en los hoteles, para remover altas cargas de *DQO* y también de *DBO* etc. El proceso de contacto-estabilización una de las ventajas es que reduce al mínimo el consumo de energía en el tratamiento secundario, este proceso se proporciona generalmente en prefabricado y esto disminuye las tarifas de proceso para la capacidad adicional en el tanque en la reducción y para aquellas que generan grandes cantidades de lodos ya que puede reducir hasta el 75% de los lodos.

En el estado de Quintana Roo, en la Riviera Maya por la alta demanda de hoteles y de servicios que consumen, este tipo de sistema de tratamiento es eficaz ya que existen plantas paquetes que se pueden adaptar a las exigencias de las normas que nos rigen y así cumplirlas.

## Capítulo 8. Conclusiones

El sistema de contacto – estabilización es un tratamiento secundario modificado a un sistema de lodos activados convencional en la cual una de sus ventajas es la reducción de tiempo de residencia, por lo que se reduce el costo de construcción y además se reduce los costos de operación. En cambio que los tratamientos de lodos activados convencional y de aireación extendida sus costos son muy elevados a diferencia del sistema de Contacto – Estabilización. Es por eso que es recomendado para aquellas comunidades pequeñas o en su caso existen plantas paquetes para el tratamiento de aguas en hoteles, moteles, escuelas. Se recomienda capacitar al personal encargado en la operación de estos sistemas de tratamientos ya que es un sistema innovador para algunas plantas, para no optar por convertirlo en un sistema de lodos activados convencional.

## Literatura consultada.

- Rittman Bruce E. y Mccarty Perry I (2001). “Biotecnología del Medio Ambiente, Principios y Aplicaciones”. Editorial McGrawhill.
- Ramalho R.S. (2003). “Tratamiento De Aguas Residuales”. Editorial Reverte, S.A, 2ª Edición.
- Metcalf & Eddy. (1996). “Ingeniería De Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido Y Uso” Editorial McGrawhill 2ª Edición.
- Henze Mogens, Jes la Cour Jansen Poul & Harbin Erik, (1978). “Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes”. Editorial Springer 2º Edición.
- White J.B. (1978). “Wastewater Engineering”. Editorial Arnold Edward

[1][www.madridmasd.org/informacionidi/biblioteca/publication/doc/VT/vt2.pdf#search=%22%20que%es%20la%20biosorcion%20en%20tratamientos%20de%aguas%20%22](http://www.madridmasd.org/informacionidi/biblioteca/publication/doc/VT/vt2.pdf#search=%22%20que%es%20la%20biosorcion%20en%20tratamientos%20de%aguas%20%22) Fecha de consulta: 30/04/07

[2][www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?ld=931](http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?ld=931) Fecha de consulta: 5/03/07

[3][http://www.fonatur.gob.mx/transparencia/documentos/contratos\\_form\\_2006\\_ADJ01.htm](http://www.fonatur.gob.mx/transparencia/documentos/contratos_form_2006_ADJ01.htm) Fecha de consulta: 15/05/07

[4]<http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/publicaciones/InventarioNacional05/EsquemasProcesos2005.pdf> Fecha de consulta: 5 /06/07

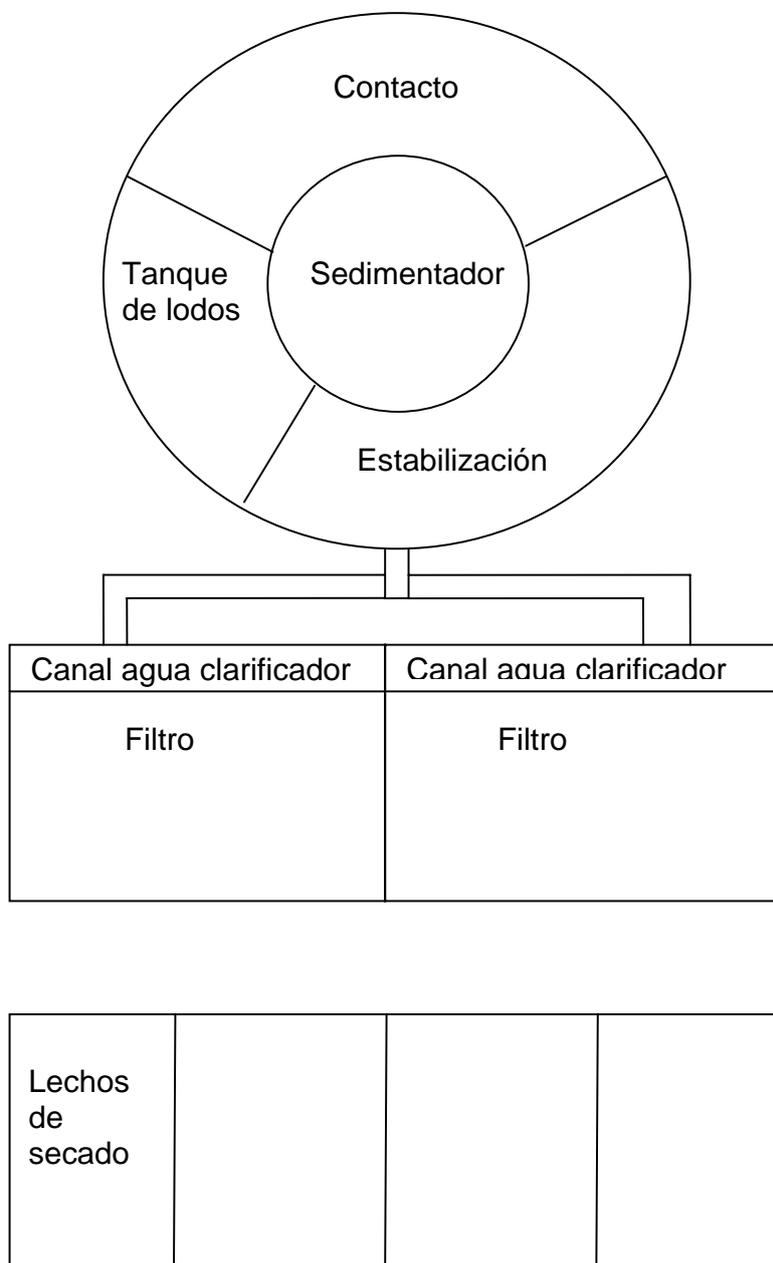
[5] [www.epa.gov](http://www.epa.gov) Fecha de consulta: 3 de Mayo de 2007

[6][http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%83a\\_de\\_aguas\\_residuales/Procesos\\_biol%C3%93gicos\\_aerobios](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%83a_de_aguas_residuales/Procesos_biol%C3%93gicos_aerobios) Fecha de consulta: 3 de Mayo de 2007

[7]<http://www.freepatentsonline.com/6592757.html>  
Fecha de consulta: 3 de Mayo de 2007

## **ANEXOS**

**Diagrama del sistema de lodos activados; Contacto- Estabilización en el Fraccionamiento Framboyanes en el municipio Progreso, Yucatán.**



**Fotografías del sistema de lodos activados; Contacto- Estabilización; en el Fraccionamiento Framboyanes, en el municipio de Progreso, Yucatán.**



Foto1. Tanque de contacto, entrada del agua residual.



Foto 2. Tanque de estabilización, parte central corresponde al sedimentador.



Foto 3. Vista de la manguera de 1" con rociadores, y manguera de 4" por distribución de aire.



Foto 4. Vista del tanque de estabilización.



Foto 5. Filtros de arena por la separación del lodo y lechos de secados para los lodos.



Datos sobre la operación de la planta de tratamiento “**El Rey**”

1. PROCESO: LODOS ACTIVADOS (TANQUES CIRCULAR).
2. CAUDAL INSTALADO: 200 LPS
3. CAUDAL DE OPERACIÓN : 145 LPS
4. EFICIENCIA: 90 % (con respecto a la DBO). (Fuente: CAPA)

