

**EVALUACION AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE  
LAGUNAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**JUAN CARLOS MARTINEZ MEZA**

**Trabajo De Grado Modalidad Monografía Para Optar El Titulo de  
Ingeniero civil**

**ASESOR  
DOMINGO GUERRA ZAPA**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIRIA CIVIL  
SINCELEJO  
2007.**

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	5
<b>CAPITULO I</b>	
3. MARCO TEORICO	6
3.1 ANTECEDENTES	6
3.2 MARCO LEGAL	7
3.3 DEFINICION AGUAS RESIDUALES	9
3.3.1 IMPORTANCIA SANITARIA	10
3.3.2 COMPOSICION	11
3.4 TRATAMIENTO DEL AGUA SERVIDA	12
3.5 ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS	13
3.5.1 Etapa Preeeliminar	13
3.5.2 Etapa primaria	14
3.5.3 Etapa Secundaria	14
3.5.3.1 FILTRO DE ARENA INTERMITENTE	15
3.5.3.2 FILTROS PERCOLADORES	15
3.5.3.3 CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS	16
3.5.3.4 ESTANQUE DE LODOS ACTIVADOS	16
3.5.3.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACION U OXIDACION	16
3.5.3.6 SISTEMA DE DIGESTION DE LODOS	16
3.5.4 ETAPA TERCIARIA	17
4. DEFINICION DE SISTEMAS DE LAGUNAS	17
4.1 TIPOS DE LAGUNAS	18
4.1.1 LAGUNAS ANAEROBIAS	19
4.1.2 LAGUNAS FACULTATIVAS	21
4.1.3 LAGUNAS DE MADURACIÓN	22

4.1.4 LAGUNAS AIREADAS	23
4.1.5 LAGUNAS CON FLUJO CONTROLADO	24
4.1.6 LAGUNAS CON FLUJO CONTINUO	24
4.2 VENTAJA DE LOS SISTEMAS DE LAGUNAS	25
4.3 DESVENTAJA DE LOS SISTEMAS DE LAGUNAS	25
5. ETAPAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS LAGUNAS	26
6. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	28
6.1 ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL	29
6.1.1 OBJETIVOS	29
6.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	30
6.3 MATRIZ DE VALORACION CUALITATIVA DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	30
6.4 IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTO	31
6.5 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	31
6.6 METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE IMPACTO	32
6.7 METODOLOGIAS MÁS USUALES	33
6.8 METODO DE BATELLE COLUMBUS	34
6.9 METODOS CARTOGRÁFICOS	35
6.10 MÉTODOS MATRICIALES	35
7. METODOLOGIA UTILIZADA PARA EL PRESENTE TRABAJO	37
7.1 VALORACION DE LOS IMPACTOS	
7.2 MATRICES DE IDENTIFICACION Y CALIFICACIÓN DE IMPACTOS	40
7.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	63
7.3.1 PLAN DE MITIGACIÓN	63
7.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DE MATRICES	59
<b>CAPITULO II</b>	
2.1 RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES	73
BIBLIOGRAFIA	79

## 1. INTRODUCCION

La utilización por parte del hombre de gran abundancia de recursos naturales (renovables y no renovables) ha generado una gran cantidad y múltiple variedad de contaminantes, que a menudo sobrepasan los niveles que pueden ser física y biológicamente asumibles, es decir, sobrepasan las propias limitaciones de la naturaleza.

La utilización del agua, en usos domésticos e industriales genera agua servida que contiene los residuos propios de la actividad humana. Parte de estos residuos son materia que consume o demanda oxígeno por oxidación de ésta, como la material fecal, restos de alimentos, aceites y grasas; otra parte son detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos. La materia orgánica biodegradable y algunas sales inorgánicas son nutrientes para los microorganismos. Estas aguas servidas se denominan también aguas negras o residuales y, como es sabido, se vierten en los sistemas de alcantarillado que las conducen, en la inmensa mayoría de los casos, a los cuerpos de agua, como mar, lagos y ríos, produciendo por lo tanto la contaminación de estas aguas naturales, o lo que es peor a pequeños arroyos que atraviesan barrios y poblaciones poniendo en riesgo la salud de las personas que habitan estos sectores.

Debido a la situación económica de nuestros pueblos y teniendo en cuenta que las aguas servidas no tratadas se han convertido en un problema para la sociedad y el medio ambiente en general, se hace necesario la implementación de sistemas de depuración que resulten a un bajo costo de

instalación y operación y que además funcionen de manera eficiente para el medio ambiente.

El agua ha sido uno de los principales factores medioambientales más afectados por la acción del hombre. En la actualidad, nadie duda que es imprescindible iniciar unas acciones urgentes para remediar tanto los problemas de abastecimiento como los de contaminación producidos en los sistemas continentales y marinos.

En éste proceso, es indispensable la actuación de un profesional cualificado que con una base medioambiental, conozca los problemas actuales de gestión integral del agua y cuente, a la vez, con conocimientos de las diferentes tecnologías de depuración y control existentes, con el fin de tener una visión amplia, objetiva y funcional para poder abordar el conjunto de las posibles soluciones y disminuir los niveles de consumo, uso y contaminación.

Dentro de este contexto de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales domesticas encontramos el sistema de lagunas como una alternativa que podría aportar muchas ventajas a nuestras pequeñas poblaciones, donde el factor agravante es la disponibilidad de recursos para la inversión en infraestructuras que requieren las plantas de tratamientos.

El Departamento de Sucre cuenta en su mayoría con poblaciones pequeñas las cuales necesitan soluciones económicas y eficientes ambientalmente en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, por lo que se pretende mediante la utilización de matrices de doble entrada, causa – efecto (utilizado por las Empresas Públicas de Medellín) estudiar los sistemas de lagunas desde el punto de vista medioambiental evaluando los impactos ambientales que ellas generan en un entorno determinado, analizando su incorporación al

medio, las ventajas y desventajas que éstas puedan generar en nuestras poblaciones

## **2. OBJETIVOS:**

### **GENERAL:**

Evaluar los impactos ambientales ocasionados por la implementación de los sistemas de laguna para el tratamiento de las aguas residuales.

### **ESPECIFICOS:**

- Describir cada uno de los sistemas de laguna para el tratamiento de las aguas residuales.
- Realizar por medio de matrices identificación de impactos y calificación de los mismos, para los sistemas de laguna.
- Analizar cada una de las matrices para luego sacar conclusiones y elaborar un plan de prevención y mitigación de acuerdo a los resultados que de estas se genere.
- Comparar y valorar la viabilidad ambiental una vez evaluados los sistemas de lagunas.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 Antecedentes

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen (las zonas residenciales, los centros urbanos, edificios institucionales, los espacios recreativos, los centros industriales y también debe tenerse en cuenta la importante contribución que representa la infiltración y las conexiones erradas) hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas en: aguas domésticas, industriales, pluvial y combinadas.

Desde el punto de vista técnico económico las lagunas representan una alternativa viable como solución al tratamiento de las aguas residuales domésticas; para tal consideración es necesario evaluar desde el punto de vista ambiental el efecto que éstas ocasionan al medio ambiente en el cual se desarrolla el proyecto en su fase preliminar, construcción y funcionamiento.

En la actualidad, y a lo largo y ancho del planeta, es ampliamente reconocida la importancia que tiene la incorporación de la evaluación del impacto ambiental (EIA), en los procesos de planificación del desarrollo. Como instrumento, la Evaluación de Impacto Ambiental cristaliza uno de los principios rectores de la gestión ambiental, el de la prevención, de singular significado para evitar la ocurrencia de procesos de deterioro ambiental, por la construcción y/o puesta en funcionamiento de proyectos de desarrollo.

### 3.2 MARCO LEGAL

El Decreto 2811 de 1974, o Código de los Recursos Naturales, incorpora un concepto diferentes, la **Declaración del Efecto Ambiental. (DEA)**

La ley 99 de 1993 reglamenta lo consignado de manera general en nuestra Constitución Política de 1991. Conjuntamente con los decretos reglamentarios conforma lo referente a la norma ambiental en nuestro País.

Con el Decreto 1753 de agosto 3 de 1994, que reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993, se hace referencia a la naturaleza, modalidad y efecto de las licencias ambientales, de la Evaluación de Impacto Ambiental. y del diagnóstico ambiental de alternativa.

En Colombia, la norma ambiental, Ley 99 de 1993, crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y sus decretos reglamentarios 1220 de 2005 que estructuran el concepto de Evaluación del Impacto Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental.

Los decretos 3100 de 2003, y 3440 de 2004 reglamenta lo referente a las tasas retributivas.

La normatividad legal relativa a la presente Evaluación de Impacto Ambiental, se fundamenta en las leyes, decretos y resoluciones mostradas en la tabla 1.

### 3.3 AGUAS RESIDUALES:

#### 3.3.1 AGUAS SERVIDAS

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas *cloacales*.

Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y *cloacales* porque son transportadas mediante cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.<sup>1</sup>

#### 3.3.2 IMPORTANCIA SANITARIA

Desde el punto de vista de la salud pública tienen una importancia relevante. Puesto que uno de sus contenidos importantes son las excretas humanas (fecales y orinas) no dejando a un lado las aguas provenientes de industria e instituciones que generan residuos orgánicos y patógenos, estas aguas pueden transportar numerosos microorganismos causantes de enfermedades.

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas\\_servidas&oldid=3782127](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas_servidas&oldid=3782127)

Los estudios microbiológicos revelan la presencia de bacterias, virus y parásitos humanos y de otros orígenes. Por tanto, si son descargadas a ríos u otras fuentes de agua para consumo humano pueden producirse epidemias graves. Así mismo, las aguas servidas pueden causar la morbilidad, alteración del equilibrio biótico y en última instancia la muerte de la fauna, especialmente peces, cuando son descargadas en fuentes de agua debido a que consumen oxígeno. También es peligrosa su descarga en las aguas marinas continentales puesto que pueden contaminar los mariscos, especialmente aquellos que se alimentan por filtración del agua, tales como choros (mejillones), almejas y la cadena trófica en general<sup>2</sup>.

Es especialmente peligroso el uso de las aguas servidas para el cultivo de vegetales destinados al consumo humano, tales como hortalizas que crecen a ras de tierra y se consumen habitualmente crudas, de las cuales son ejemplo la lechuga, el berro, el repollo, el perejil, el cilantro, el apio y los cebollines.

Los microorganismos aislados de aguas servidas, con importancia en salud pública, son: *Salmonella*, *Shigella spp.*, *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio cholerae*, virus de la hepatitis A, rotavirus, virus de la poliomielitis y enterovirus. Dentro de los parásitos se han aislado huevos de *Ascaris lumbricoides*, *Giardia lamblia*, *Taenia solium*, *Taenia saginata* y *Entamoeba histolytica*.

### 3.3.3 COMPOSICIÓN

Las aguas servidas están formadas aproximadamente por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos.

---

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas\\_servidas&oldid=3782127](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas_servidas&oldid=3782127)

Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.

Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.

Los Parámetros Principales que es necesario conocer de las aguas residuales urbanas, a efectos de la contaminación del recurso son los siguientes: (de acuerdo al RAS 2000, Título E)

- pH
- Temperatura
- Color
- Demanda Bioquímica de oxígeno
- Demanda Química de oxígeno
- Sólidos en suspensión y sólidos sedimentables
- Aceites y grasas
- Concentración de tóxicos metálicos
- Nitrógeno
- Fósforo
- Amoniaco
- Cloruros

### **3.4 TRATAMIENTO DEL AGUA SERVIDA**

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua servida se debe conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar un sistema apropiado al agua servida que se está produciendo.

Una Planta de tratamiento de Aguas Servidas debe tener como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90% de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella<sup>3</sup>.

### **3.5 Etapas del tratamiento del agua servida**

El proceso de tratamiento del agua servida se puede dividir en cuatro etapas: preliminar, primaria, secundaria y terciaria. Algunos autores llaman a las etapas preliminar y primaria unidas como etapa primaria.

---

<sup>3</sup> [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas\\_servidas&oldid=3782127](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas_servidas&oldid=3782127)

### **3.5.1 Etapa preliminar – Pretratamiento.**

Debe realizarse por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento<sup>4</sup>.

Debe cumplir dos funciones:

1. Medir y regular el caudal de agua que ingresa al sistema, con estructuras como canaletas parshal, vertederos, piezómetros, etc.
2. Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena, a través de tamices o cribas.

En esta etapa se consigue remover los residuos sólidos que el agua servida contiene: palos, pañales, botellas plásticas, granos de maíz, etcétera, por lo que es necesario retirarlas para que el proceso pueda efectuarse normalmente. Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (a veces), desgrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la preaireación, cuyas funciones son: a) Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes, y b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento.

### **3.5.2 Etapa primaria**

Tiene como objetivo remover los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple. Para complementar este proceso se

---

<sup>4</sup> RAS 200. Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico.

pueden agregar compuestos químicos con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques *de sedimentación* primarios o clarificadores primarios. Habitualmente están diseñados para remover aquellas partículas que tienen *tasas de sedimentación* de 0,3 a 0,7 mm/s. Asimismo, el *período de retención* es normalmente corto, 1 a 2 h. Con estos parámetros, la profundidad del estanque fluctúa entre 2 a 5 m.

En esta etapa se remueve por precipitación alrededor del 60 al 70% de los sólidos en suspensión. En la mayoría de las plantas existen varios estanques primarios y su forma puede ser circular, cuadrada a rectangular.

### **3.5.3 Etapa secundaria**

Tiene como objetivo remover los sólidos en solución y en estado coloidal mediante un proceso de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los microorganismos presentes en el agua servida más los que se desarrollan en el estanque secundario. Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y estado coloidal produciendo en su degradación en anhídrido carbónico y agua, originándose una biomasa bacteriana que precipita en el estanque secundario.

En este estanque el 33% de los sólidos se transforma en anhídrido carbónico y agua. El 66% restante, en flóculos bacterianos que sedimentan. El sedimento que se produce y que, como se dijo, está formado fundamentalmente por bacterias, se denomina lodo activado.

Los microorganismos de éste estanque pueden estar en suspensión en el agua, proceso biológico donde estos, responsables de la conversión de materia orgánica y otros compuestos en gas y materia celular están mantenidos en suspensión en el líquido (*procesos de crecimiento suspendido*), adheridos a un medio de suspensión, proceso biológico donde los microorganismos responsables de la conversión de materia orgánica y otros compuestos en gas y materia celular están adheridos a un medio inerte, como rocas o algunos empaques de cerámica y plástico (procesos de crecimiento adherido) ó distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto).

Las estructuras usadas para el tratamiento secundario incluyen:

**3.5.3.1 Filtros de arena intermitentes:** son lechos profundos de arena disponibles para el tratamiento de aguas residuales que previamente han recibido pre-tratamiento lo que se busca es la eliminación de microorganismos y materia en suspensión contenidos en el agua.

**3.5.3.2 Filtros percoladores:** éstos filtros consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que los microorganismos se adhieren y a través del cual se filtra el agua residual. El tamaño de las piedras de que consta el medio filtrante está entre 2.5 – 10cm de diámetro, la profundidad de éstas varía de acuerdo al diseño particular, generalmente de 0.9 – 2.4m con un promedio de profundidad de 1.8m.

**3.5.3.3 Contactores biológicos rotatorios (BIODISCOS):** el proceso consiste en una serie de discos plásticos que giran en torno a un eje horizontal, situado dentro de un recipiente. Los discos giran en forma lenta dentro del recipiente del agua residual, con un 40% de la superficie sumergida. Cuando la superficie del disco se encuentra en el aire, la biomasa

adherida al mismo, toma el oxígeno necesario para que durante el periodo de inmersión, se produzca la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual <sup>5</sup>

**3.5.3.4 Estanques de lodos activados:** proceso de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores.

**3.5.3.5 Lagunas de estabilización u oxidación:** estanques construidos en tierra de profundidad reducida (menos de 5m ), diseñado para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa ( algas, bacterias ,protozoarios, etc.), y la materia orgánica del desecho. La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas ( DBO, DQO, OD, SS, algas, nutrientes ,coliformes etc.).

**3.5.3.6 Sistemas de digestión de lodos:** Estabilización por procesos biológicos, aerobios y anaerobios, de la materia orgánica de un lodo.

### **3.6 Etapa terciaria**

Tiene como objetivo remover algunos contaminantes específicos presentes en el agua servida tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutroficación, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática la que agota el oxígeno, mata la fauna existente en el

---

<sup>5</sup> Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades (Ramón Collado Lara)

sector. Dentro del tratamiento de las aguas de desecho para la eliminarles los nutrientes están la precipitación, la sedimentación y la filtración.

No todas las plantas tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua servida y el destino que se le dará.

#### **4. SISTEMAS DE LAGUNAS:**

El lagunaje es un sistema de tratamiento de agua residual. El almacenamiento de la misma en balsas o lagunas de una profundidad variable favorece la acción de microorganismos (bacterias, algas, protozoos, etc.) exclusivamente por acción natural, reduciendo la DBO sin aporte externo de energía. En fechas más recientes se suministra aire por procedimientos mecánicos a algunos tipos de lagunas, son las llamadas lagunas aireadas que en realidad constituyen un cultivo biológico en suspensión similar al de fangos activos, quedando algo distanciados de los sistemas naturales de aireación<sup>6</sup>.

##### **4.1 TIPOS DE LAGUNAS**

###### **Según las reacciones**

- Biológicas
- Anaerobias
- Facultativas
- Aerobias

###### **Según el grado de tratamiento**

---

<sup>6</sup> [fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep\\_ing\\_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf](http://fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep_ing_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf), Tratamientos Naturales de Aguas Residuales.

- Primarias
- Secundarias
- Terciarias o de maduración

#### **Según el método de aireación**

- Anaerobias
- Aerobias
- Aireadas

#### **Según las condiciones**

- Con flujo controlado
- Con flujo continuo

#### **4.1.1 Lagunas Anaerobias**

Son las que reciben el agua bruta y por lo tanto las de mayor carga orgánica. La mayor parte del agua se encuentra en condiciones anaerobias y son las bacterias (Streptococos fecales, Actinomiceto) las encargadas de actuar en la digestión del fango acumulado. El objeto de estas lagunas es retener la mayor carga orgánica posible.

Las lagunas anaeróbicas son lagunas con carga orgánica tan altas que no poseen zona aeróbica, excepto, posiblemente en su superficie. Típicamente son usadas como lagunas primarias para aguas residuales domésticas y municipales, así como para el tratamiento de aguas residuales industriales con DBO mayor de 1000mg/L.

La fase anaerobia se realiza en lagunas de más de tres metros de profundidad, dispuestas generalmente en paralelo para conseguir un tiempo de residencia que no supere los 4 ó 5 días y proporcionar un flujo continuo a la fase siguiente.

En estas lagunas también se produce decantación e importantes procesos biológicos anaerobios, tanto en las aguas como en los lodos decantados. Debido a la existencia de procesos anaerobios, se aconseja disminuir al máximo el contacto del agua con el aire, reducir la superficie de las lagunas y aumentar la profundidad. La eficacia depurativa en estas lagunas mejora cuando se construyen los taludes sobresaliendo de la lámina de agua para que la protejan de los vientos. También ayuda al buen funcionamiento colocar las entradas alejadas de los taludes, hacia la mitad de la columna de agua y dirigidas desde abajo hacia arriba, de modo que solamente ocasionen un flujo muy lento ascendente y se favorezca la formación de fango granular.

Debido a las altas cargas que soporta este tipo de unidades de tratamiento y a las eficiencias reducidas, se hace necesario el tratamiento posterior, generalmente por unidades de lagunas facultativas en serie, para alcanzar el grado de tratamiento requerido. Para este caso debe comprobarse que la laguna facultativa secundaria no tenga una carga orgánica por encima del límite, según lo establecido.

Es importante que las lagunas anaerobias estén aisladas porque contienen productos altamente tóxicos que pueden contaminar los suelos y acuíferos subterráneos. Por ello, los sistemas deben realizarse en lagunas construidas para este fin y bien impermeabilizadas, tanto el fondo como los taludes.

En las lagunas anaerobias se pueden generar malos olores debido a que la transformación no es completa y se desprenden productos intermedios de

Sulfuro de Hidrógeno, ácidos orgánicos, mercaptanos, Escatol, etc. Pero si el funcionamiento es correcto, y se llegan a formar como productos finales dióxido de carbono y metano, los olores son prácticamente inapreciables.

Las aguas en esta fase de depuración deben estar tranquilas, sin que los flujos de agua sean rápidos. Deben aparecer esporádicamente burbujas en la superficie, que corresponden al desprendimiento de metano. El color de las aguas debe ser gris, ocasionado por la formación de sulfuros metálicos y no se deben apreciar algas ni costras en la superficie.

#### **4.1.2 Lagunas Facultativas**

Tienen dos zonas diferenciadas y variables según la época del año La zona superior es aerobia por estar en contacto con el aire. La inferior es anaerobia al estar en contacto con el fango y alejada de la superficie

En cuanto a la fase facultativa es muy importante en el proceso depurativo porque aumenta la calidad del agua que sale de la fase anterior y la clarifica, permitiendo que existan algas hasta una cierta profundidad. El agua residual se transforma intensamente mediante acciones anaerobias en el fondo y acciones aerobias en la superficie de las lagunas.

Las lagunas de esta fase tienen una profundidad aproximada de 1,5 m., generalmente se construyen en número par, con la extensión superficial adecuada para que el tiempo de residencia hidráulica esté próximo a los 30 días. El número de entradas, salidas e intercomunicaciones entre las lagunas debe ser múltiple para que se produzca mezcla total de las aguas.

El color de las aguas en estas lagunas, cuando el funcionamiento es correcto, debe ser verde intenso por la abundancia de algas *clorofíceas* de

sus aguas. La actividad fotosintética realizada por estas algas proporciona un pH ligeramente alcalino, en torno a 8. También debido a la actividad fotosintética de las algas, en las aguas superficiales de las lagunas hay más de 2 mg/L. de oxígeno disuelto.

Nunca deben producirse olores en las lagunas facultativas porque los gases procedentes de las zonas profundas son oxidados en superficie y utilizados como nutrientes por los abundantes seres vivos que habitan sus aguas. Los *alginatos* desprendidos por las algas y la tranquilidad ambiental del agua proporcionan la precipitación de sólidos en suspensión y la clarificación del agua, que a su vez facilita que entre la luz solar hasta zonas más profundas.

Durante la fase facultativa se rebajan los nutrientes disueltos en las aguas entre 40 y 90%. Se estabiliza la materia orgánica putrescible, al convertirse en materia viva celular de algas y bacterias. Hay paso de sulfuros a sulfatos, debido a las condiciones oxigénicas sobre todo en la superficie. También son importantes en las lagunas facultativas las reacciones de óxido-reducción y las de nitrificación-desnitrificación. Las acciones biológicas que dan lugar a estas transformaciones son: fotosíntesis de las algas y el metabolismo heterótrofo, muy intenso, de las bacterias. Algas y bacterias se encuentran en simbiosis.

#### **4.1.3 Lagunas de Maduración**

Son las que trabajan con aportación natural de oxígeno, por acción del viento o por la fotosíntesis de las algas. También son denominadas de oxidación o maduración.

Son llamadas lagunas de oxidación (corto tiempo de retención) o de maduración (alto tiempo de maduración). Se mantienen las condiciones

aerobias en todo su volumen al tener poca profundidad. El agua está en condiciones aerobias y recibe una menor carga orgánica

En las lagunas de oxidación-maduración el agua aumenta la calidad química y bioquímica, mediante la actuación de seres aerobios que forman complejas redes tróficas y consiguen la eliminación casi completa de nutrientes, de patógenos y la clarificación del agua.

El conjunto de las lagunas, generalmente más de dos, se suele disponer en serie, mientras que las de las fases anteriores suelen colocarse en paralelo. Sus superficies se calculan teniendo en cuenta que la profundidad de la columna de agua es aproximadamente de 0,6 m. y que el tiempo de residencia hidráulica debe estar en torno a 8 días.

Las entradas de agua pueden ser múltiples, mediante tubos agujereados que se llaman tubos flauta, dispuestos en el fondo de las lagunas. Los agujeros existentes a lo largo del tubo tienen la finalidad de mezclar y homogeneizar las aguas con mayor rapidez.

#### **4.1.4 Lagunas Aireadas**

Son aquellas a las que se les suministra oxígeno de forma forzada para aumentar el rendimiento. Pueden considerarse cultivos biológicos en Suspensión.

Es un estanque de 2 a 5m de profundidad, hecho para el tratamiento biológico de aguas residuales. En el sistema de tratamiento se usa un equipo de aireación mecánica con el objeto de suministrar oxígeno y mezcla. Una laguna aireada se diseña como laguna aeróbica, con suficiente introducción de potencia, para mantener todos los sólidos en suspensión, o facultativa o

de mezcla incompleta, con un nivel de potencia apenas suficiente para crear la turbulencia requerida para la dispersión de oxígeno y permitir sedimentación de sólidos. Las lagunas aireadas facultativas son las más usadas porque producen un buen efluente, los niveles de potencia son inferiores, requieren control mínimo y la remoción de lodos es poco frecuente, cada 10 años o más. Las lagunas aireadas aeróbicas son más usadas para aguas residuales industriales de concentración alta.

Las lagunas aireadas surgieron, alrededor de 1957, como solución a los problemas de malos olores existentes en lagunas naturales de oxidación sobrecargadas excesivamente y para mejorar la calidad de los efluentes. Sin embargo, al agregar aireadores a lagunas de oxidación natural, se incrementa la turbulencia y la turbiedad, desaparecen las algas y surgen condiciones muy diferentes a las de las lagunas naturales de oxidación de aguas residuales.

**4.1.5 Lagunas con flujo controlado** También llamadas semicontínuas. Se produce el llenado, y pasado cierto tiempo se procede a la descarga o vaciado. Suelen diseñarse para variaciones estacionales de caudal, o para apoyo a regadíos. Se suelen descargar entre 5 y 31 días y el tiempo de retención es de 120 a 180 días, 2 m de profundidad y 22 a 28 kg de DBO<sub>5</sub>/ha<sup>7</sup>.

#### **4.1.6 Lagunas con flujo continuo**

La entrada y la salida de agua son continuas y con caudal muy similar.

---

<sup>7</sup> [fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep\\_ing\\_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf](http://fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep_ing_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf), Tratamientos Naturales de Agua Residuales.

#### 4.2 Ventajas de los sistemas de lagunas:

- Procedimiento totalmente natural.
- Bajo impacto y gran integración en el medio natural.
- Bajos costos en energía instalada (salvo en las lagunas aireadas)
- Facilidad de explotación y de mantenimiento
- Tanto los caudales como las cargas pueden tener un amplísimo margen de fluctuación sin que el proceso se resienta.
- Personal poco especializado, dada la poca complejidad de las instalaciones.
- Gran estabilización en los fangos producidos, y producción baja que se retira en intervalos de tiempo muy separados (años)
- Elevada reducción de microorganismos patógenos (superior al 99.9% con buena operación)
- Pueden utilizarse en el tratamiento de aguas residuales industriales con elevada cantidad de materias biodegradables (lecheras, fabricas de conservas...)
- Admite gran variabilidad estacional por su facilidad para poner en marcha lagunas en reserva, o variando la profundidad con vertederos regulados.
- Pueden generarse biomásas (peces, plantas..) con ampliaciones posteriores

#### 4.3 DESVENTAJAS

- Necesidad de grandes extensiones de terreno
- Desarrollo de mosquitos u otros insectos en sus proximidades
- Necesidad de un afinamiento final (filtrado) para evitar los altos contenidos de sólidos del efluente (algas...)

- Acumulación de materias vivas que pueden dar un mal aspecto al tratamiento.
- Exceso de nutrientes
- Pérdidas considerables de agua por evaporación ( en climas cálidos o en verano donde hay estaciones<sup>8</sup>)

## 6. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

### Definición

El concepto de Evaluación de Impacto Ambiental podemos definirlo como un conjunto de técnicas que buscan como propósito fundamental un manejo de los asuntos humanos de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza.

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestra afectación negativa en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico.

La gestión del medio ambiente implica la interrelación con múltiples ciencias, debiendo existir una inter y transdisciplinariedad para poder abordar las problemáticas, ya que la gestión del ambiente, tiene que ver con las ciencias sociales (economía, sociología, geografía, etc.) con el ámbito de las ciencias

---

<sup>8</sup> [fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep\\_ing\\_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf](http://fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep_ing_civil/profesores/jlara/ic133/acetatos18.pdf),  
Tratamientos Naturales de Aguas Servidas.

naturales (geología, biología, química, etc.), con la gestión de empresas (management), etc.

Finalmente, es posible decir que la gestión del medio ambiente tiene dos áreas de aplicación básicas:

a) Un área preventiva: las Evaluaciones de Impacto Ambiental constituyen una herramienta eficaz.

b) Un área correctiva: las Auditorías Ambientales conforman la metodología de análisis y acción para subsanar los problemas existentes.

### **6.1 Estudio de Impacto Ambiental:**

Estudio orientado a predecir y evaluar los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente natural y social, y proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal vigente en el país y determinar los parámetros ambientales que conforme a la misma deban establecerse para cada programa o proyecto.

#### **6.1.1 OBJETIVOS**

Llevar a cabo un estudio del **impacto** sobre el Medio Ambiente ocasionará la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad definida como tal.

Predecir y evaluar las consecuencias de la ejecución de las actividades.  
Identificación de las acciones, factores implicados.

La magnitud de los impactos de las acciones sobre los factores.

Se pretende, así mismo que la identificación y evaluación de los impactos sirva para indicar las posibles medidas correctoras o minimizadoras de sus efectos (ya que resulta prácticamente imposible erradicar por completo un impacto negativo).

## **6.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:**

1. Análisis del proyecto y sus posibles alternativas.
2. Antecedentes del proyecto y las alternativas.
3. Partes del proyecto.
4. Definición del entorno del proyecto (inmediato-mediato)
5. Previsiones de los efectos sobre los medios.
6. Identificación y definición de las acciones del proyecto.
7. Identificación y definición de los factores del medio impactados.
8. Cualificación y cuantificación
9. Predicción de las magnitudes posibles.
10. Medidas correctoras posibles.

## **6.3 MATRIZ DE VALORACION CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL:**

Matriz de impactos: La matriz de impactos, que es del tipo causa – efecto, consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuraran las acciones impactantes y dispuestos en filas los factores medio ambientales susceptibles de recibir impactos.

Dicha matriz nos permitirá **identificar, prevenir y comunicar** los efectos del proyecto en el medio para posteriormente obtener una valoración de los mismos.

#### **6.4 IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTO**

Para la identificación de las acciones, se deben diferenciar los elementos del proyecto de manera estructurada, atendiendo entre otros los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican emisión de contaminantes
- Acciones que actúan sobre el medio biótico
- Acciones que modifican el entorno social económico y cultural.

Una vez se ha caracterizado el área de estudio y conociendo cuáles son los componentes del medio más susceptibles de sufrir impactos, se procede a la identificación de los posibles impactos ambientales, tanto negativos como positivos, que se inducirán al medio como consecuencia de la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas.

#### **6.5 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

Para poder identificar el tipo de impactos que la ejecución del proyecto conllevará, es necesario conocer inicialmente, las características del proyecto. Luego se debe tener claro cuáles son las etapas y actividades del proyecto, más relevantes desde el punto de vista ambiental. Es decir,

aquellas que producirían los mayores cambios o alteraciones sobre los componentes ambientales del área de influencia del proyecto.

También es necesario desagregar el medio ambiente, en sus componentes principales y en cada uno de los elementos que se verán afectados.

## **6.6 METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

Para la identificación de los posibles impactos, se parte de una confrontación entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales, mediante la aplicación de una matriz de interacción. Esta matriz resulta práctica porque permite visualizar cuáles son las actividades que mayor impacto causan y cuáles elementos del medio ambiente sufren mayores alteraciones.

El objetivo principal de este ejercicio es llamar la atención sobre aquellas acciones que requieren un especial análisis, al momento de plantear el Plan de Manejo Ambiental.

Toda Evaluación de Impacto Ambiental debe pasar unas fases o etapas que permiten darle cuerpo técnico y densidad científica al documento final. Además de cumplir con los objetivos considerados por la legislación y los propósitos legales y administrativos marco, se propone identificar, predecir, interpretar, prevenir, valorar y comunicar el impacto que la realización de un proyecto acarrearía sobre su entorno inmediato y mediato.

La mayoría de las metodologías consideradas se refieren a impactos ambientalmente específicos pero ninguna de ellas se encuentra desarrollada completamente, y es por la misma especificidad donde se encuentra la imposibilidad de generalizar una determinada metodología, determinando que las existentes son las idóneas para proyectos concretos.

La dificultad para obtener una metodología estándar o tipo son:

1. El cambio de factores afectados hace que el método cambie,
2. Solo podemos llegar a un tipo de método según la actividad,
3. Hay varios métodos para estudiar el impacto sobre un mismo factor y todos son válidos,
4. Los medios y proyectos son individuales y únicos.
5. La interdisciplinariedad que aportan a los Estudios de Impacto Ambiental y a las Evaluaciones de Impacto Ambiental ciencias y disciplinas tales como la Economía, Sociología y las Ciencias Sociales, y esta conjugación con las demás, la que hace de las Ciencias Ambientales la hermana mayor.

La metodología deberá ser elegida por los responsables y en caso de la interdisciplinariedad por parte del director del trabajo, y el primer paso después de decidir la metodología es definir el universo, en otras palabras establecer el acotamiento espacial del ecosistemas o ecosistemas involucrados en el proceso, para posteriormente pasar a considerar los impactos generados por acciones, su magnitud y los factores afectados.

Hay que recordar que el método de los Estudios de Impacto Ambiental esta definido por la ley en los términos de referencia, pero lo que estos no definen es la metodología para llegar a desarrollar este método y cumplir los términos de referencia.

## 6.7 METODOLOGÍAS MÁS USUALES

1. Sistemas de red y gráficos
  - a. Matrices de causa efecto (Leopold) y las listas de chequeo
  - b. Bereano
  - c. Sonrensen
  - d. Guías metodológicas del MOPU
  - e. Banco Mundial
2. Sistemas cartográficos
  - a. Superposición de transparencias
  - b. McHarg
  - c. Tricart
  - d. Falque
3. Análisis de sistemas
4. Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación
5. Colmes
6. Universidad de Georgia
7. Hill Schechter
8. Métodos cuantitativos
  - a. Batelle - Columbus

## 6.8 MÉTODO BATELLE COLUMBUS:

EL Método permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos. Con este procedimiento se puede conseguir una planificación a medio y largo plazo de proyectos con el mínimo impacto ambiental posible.

La base metodológica es la definición de una lista de indicadores de impacto con setenta y ocho parámetros ambientales merecedores de considerarse por separado, que nos indican además la representatividad del impacto ambiental derivada de las acciones consideradas.

Los parámetros serán fácilmente medibles, estimándose por medidas o niveles, siendo los datos del medio, necesarios para obtener aquella estimación la cual, siempre que sea posible, se deducirán por mediciones reales.

## **6.9 MÉTODOS CARTOGRÁFICOS.**

Se desarrollaron en el ámbito de la planificación territorial para la evaluación de los impactos ambientales de uso del territorio. También se les conoce como métodos de transparencias y gráficos. Básicamente consisten en la superposición -sobre un mapa del área de estudio, convenientemente subdividida- de transparencias dedicadas a un factor ambiental e identificadas con códigos (color, números, otros) que indican el grado de impacto previsible de cada subzona en caso de llevarse a cabo un proyecto o actividad. La gradación de tonos de color se utiliza para dar idea de la mayor o menor magnitud del impacto (Sanz, 1991). Sin embargo sus resultados son limitados, principalmente por el número de impactos que pueden ser analizados en una misma operación. El alto grado de versatilidad y desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) permiten hoy día darle mayor aplicación a esta metodología.

Las técnicas cartográficas pueden ser buenas herramientas de comunicación, especialmente en estudios del medio físico; son de gran utilidad en las reuniones con el público y en actividades para la difusión o

aclaración de conceptos a éste en el proceso de planificación (Esteban, 1999).

#### **6.10 MÉTODOS MATRICIALES.**

Los métodos matriciales son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación. Los métodos matriciales, también denominados matrices interactivas causa-efecto, fueron los primeros en ser desarrollados para la EIA. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia (Canter, 1998). Uno de los métodos matriciales más conocido es el de la Matriz de Leopold, desarrollado en 1971 para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América.

La Matriz de Leopold está constituida por 100 columnas en las que se representan las acciones del proyecto, y 88 filas relacionadas con factores ambientales, produciendo un total de 8.800 posibles interacciones. Dada la dificultad de trabajar con tal número de interacciones, normalmente se hace con matrices reducidas para 100 o 150, de las cuales un máximo de 50 es significativo.

El principio básico del método consiste, inicialmente, en señalar todas las posibles interacciones entre las acciones y los factores, para luego establecer, en una escala que varía de 1 a 10, la Magnitud e Importancia de cada impacto identificando si éste es positivo o negativo.

Con respecto a la valoración de la Magnitud, ésta es relativamente objetiva o empírica puesto que se refiere al grado de alteración provocado por la acción sobre el factor medioambiental. Por otra parte, la puntuación de la Importancia es subjetiva, ya que implica atribución de peso relativo al factor afectado en el ámbito del proyecto.

## **7. METODOLOGIA UTILIZADA PARA EL PRESENTE TRABAJO**

Para la realización del trabajo se aplicara el método aplicado por las Empresas Públicas de Medellín, que a su vez se basa en el método matricial de Leopold; el cual esta ligado también a los métodos anunciados anteriormente, Este método ha sido utilizado en obras de gran magnitud a nivel nacional e internacional.

### **7.1 Valoración de los Impactos**

Para la valoración de los impactos ambientales se seleccionó la metodología desarrollada por las Empresas Públicas de Medellín, la cual consiste en una valoración semicuantitativa donde se obtiene:

#### **7.1.1 Calificación Ecológica (CE).**

La Calificación ecológica (CE), o también llamada calificación ambiental califica numéricamente entre 0 y 10 el rango respectivo de la consecuencia del impacto sobre cada uno de los componentes ambientales del área del proyecto. Se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$CE = C \times Pr [ a ( De \times Ma ) + b ( Du ) ]$$

**C** = carácter del efecto: puede ser positivo o negativo.

**Pr** = Presencia o probabilidad de ocurrencia.

**De** = Desarrollo del efecto.

**Ma** = Magnitud.

**Du** = Duración

Los valores de *a* y *b* son valores adimensionales se obtienen subjetivamente teniendo en cuenta las características de la zona y del proyecto. Para *a* se tomó un valor de 70% y para *b* de 30%. El valor de *a* es mayor que el de *b* ya que *a* influye directamente sobre el desarrollo y la magnitud del efecto que son criterios de mayor importancia que la duración, la cual en la mayoría de los impactos es de carácter temporal.

Se determinan unos criterios de evaluación los cuales son: Carácter del efecto, presencia o probabilidad de ocurrencia, duración, desarrollo del efecto y magnitud relativa.

**El carácter del efecto (C)**, es el sentido del impacto producido por una acción del proyecto. Indica el signo o clase (adverso o benéfico).

**La presencia o probabilidad de ocurrencia (Pr)**, califica la certeza o probabilidad que el impacto pueda presentarse. El rango de calificación es el siguiente:

**El desarrollo del efecto (De)**, califica la velocidad del proceso o aparición del impacto desde que se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. El siguiente es el rango de calificación:

**La duración (Du)**, es el tiempo que permanece el efecto. El siguiente es el rango de calificación:

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**

Para poder determinar el grado de importancia de un impacto esperado se estableció un rango de comparación teniendo en cuenta los valores obtenidos en las matrices de valoración y el carácter del impacto, si el impacto es positivo entonces es benéfico y si es negativo es adverso.

### **7.2 MATRICES DE IDENTIFICACION Y CALIFICACIÓN DE IMPACTOS**

En la matriz de interacción se coloca, en la fila superior, las actividades del proyecto, en la primera columna se colocan los elementos de cada componente ambiental y en la segunda columna se colocan los efectos esperados sobre el medio. En los Cuadro 4, 5 y 6 se hace una descripción de estos efectos sobre el medio físico, biótico y socioeconómico y cultural respectivamente. Seguidamente Las matrices de calificación con sus respectivas valoraciones.

#### **7.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN:**

Si bien es cierto este proceso de análisis de las matrices es lo que da pie al plan de manejo y a las medidas a tener en cuenta para mitigar o reforzar los impactos ocasionados, de acuerdo a su calificación e incidencia; a continuación resaltamos las actividades mas relevantes y los factores afectados por las mismas, en el capítulo 2 encontraremos el resumen y análisis general de las matrices.

## **En el medio socio económico**

Las actividades más impactantes tenemos:

Presentación del proyecto  
Instalación de campamentos y talleres  
Contratación de mano de obra  
Excavaciones  
Disposición del material sobrante  
Construcción de las lagunas y  
El arranque y puesta en marcha del sistema

Los efectos esperados más impactantes:

Malestar por la generación de ruido  
Malestar por generación de escombros y desperdicios  
Aumento de expectativas con respecto al proyecto  
Demanda de mano de obra  
Demanda de bienes y servicios

Al momento de la calificación se observa que estas actividades identificadas como impactantes dan como resultados impactos medios y fuertes, el resto son impactos leves en todas las etapas; preliminar, construcción y operación de las lagunas, los factores más propensos a recibir impactos reciben una calificación ambiental leve, ya sea positivo negativo para la comunidad, así por ejemplo:

La presentación del proyecto aumenta las expectativas del proyecto lo que le da una calificación de 7.3 produciendo un impacto fuerte y positivo.

La instalación de campamentos y talleres genera demanda de mano de obra y de bienes y servicios, lo que le da una calificación positiva de 5.2 a ambas

Las excavaciones originan malestar por generación de ruido (-2.2), generación de escombros y desperdicios (-1.4), recibiendo estos una calificación total de impactos leves, siendo además de duración temporal, es decir su desarrollo es solo durante la construcción de las lagunas.

En el medio Aire, hídrico, suelo y biótico a las matrices se le da la calificación para cada uno de estos medios en la fase de construcción y operación de los sistemas de lagunas. En este orden de ideas se tomo un sistema facultativo, anaerobio y un sistema aireado, para evaluar la incorporación al medio de cada uno de ellos.

Las actividades más impactantes:

- Desmante y limpieza
- Conformación de terraplén para la laguna
- Disposición del material sobrante
- Descapote para la laguna de oxidación
- Excavaciones
- Construcción de las lagunas
- Arranque y puesta en marcha del sistema y
- Operación y mantenimiento de las lagunas

## **MEDIO HÍDRICO**

La actividad que más impacta: en la etapa de construcción, es la disposición del material sobrante, debido al arrastre de material y aportes de sedimentos con una calificación de (-5.8), originando un impacto medio, manteniéndose

casi que constante en las tres lagunas, las demás genera impacto leves en el medio hídrico.

#### **MEDIO AIRE:**

Tenemos: que en la operación el arranque y puesta en marcha del sistema y la operación y mantenimiento del mismo, dan origen a la producción de gases y olores lo que le da una calificación ecológica de más de (-5), produciendo impactos medios, los demás impactos en la construcción y operación son leves, en este caso el sistema que mayor calificación negativa genera es el sistema anaeróbico y la que mejor calificación obtiene son los sistemas aireados.

#### **MEDIO SUELO:**

La conformación de base y subbase origina la destrucción de la capa orgánica con calificación ecológica = (-5.2), es decir un impacto medio. De igual calificación para los patrones de drenaje.

El descapote: origina la remoción de masas con CE = -7.9, un impacto negativo fuerte, también produce la destrucción de la capa orgánica con CE = -6.3, lo que representa un impacto medio.

Las excavaciones y la propia construcción de las lagunas destruyen la capa orgánica y remueven masa obteniendo una CE = -6.3, un impacto medio. Las demás actividades originan impactos leves, en este caso el sistema que más impacta en cuanto a área se refiere es el sistema facultativo por lo que requiere de más extensiones de terreno.

## **MEDIO BIOTICO:**

Las actividades Desmonte y limpieza, Conformación de terraplén para la laguna, Disposición del material sobrante, Descapote para la laguna de oxidación, Excavaciones, Construcción de las lagunas, Arranque y puesta en marcha del sistema y Operación y mantenimiento de las lagunas, producen efectos con CE entre (-5 y -6.3), originando impactos medios. El resto de actividades dan origen a efectos leves. Siendo la calificación negativa mas alta para los sistemas anaerobios.

### **7.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El Plan de manejo ambiental contempla las medidas para prevenir y mitigar los impactos ambientales causados por la construcción y operación de las lagunas.

De acuerdo a los resultados arrojados por las matrices y a las actividades más factibles a causar efecto al medio, se propone el siguiente plan de mitigación:

#### **7.3.1 PLAN DE MITIGACIÓN**

##### **Fase constructiva**

Los riesgos ambientales que se puedan presentar dependen en gran parte de la operación y mantenimiento del sistema de lagunas. En caso de no seguir los lineamientos recomendados los indicadores que resultan más afectados serían las características físicas y químicas del agua y el aire.

Una vez identificados estos riesgos durante la construcción de las lagunas, las medidas de mitigación de estos impactos serían las siguientes:

##### **Medidas para el recurso suelo**

Se debe realizar la reutilización de las capas orgánicas extraídas del suelo en el descapote y excavación del área de las lagunas, en la empedradización de los taludes de los diques y en las zonas donde esta actividad se posibilite.

Los depósitos de los materiales excavados sobrantes, deberán ubicarse en zonas que no presenten mayor importancia agropecuaria o urbana (botaderos habilitados por el municipio), que además no produzcan efectos visuales desagradables. Estos sitios deberán ser ubicados lo más cercanamente posible al sitio de la obra con el objeto de evitar mayores traumatismos y deterioros en las vías por el tráfico vehicular, así como para reducir los costos del acarreo.

El material excavado en el área del proyecto deberá ser utilizado en la conformación de los diques de protección de las lagunas.

Para evitar que los taludes se erosionen se ha provisto un revestimiento en la cara húmeda. La cara seca se debe proteger con un empradizado con el fin de aislar el suelo de las fuerzas de tracción ocasionadas por el agua de escorrentía y evitar la proliferación de mosquitos, pero se debe realizar un mantenimiento manual regular para impedir que la vegetación sea tan abundante que se produzca el secamiento del suelo por especies ávidas de agua.

### **Medidas para el recurso agua**

La eliminación de cauces de drenaje natural en el área de las lagunas se mitigará con la construcción de canales artificiales que mantengan el patrón de drenaje natural del área, respetando la topografía existente en la zona.

Como medida de mitigación por probables infiltraciones, se implementará la compactación del fondo y los taludes de los diques con un compactador.

### **Medidas para el recurso aire**

Considerando que el impacto generado por las lagunas es del tipo puntual, alteraciones sonoras y emisiones de gases producidos por las volquetas y los equipos de excavación, se implementarán medidas como la exigencia al contratista de un adecuado estado del equipo mecánico.

### **Medidas para la flora y la fauna**

La remoción del material vegetal herbáceo se deberá limitar tan solo al corredor previamente trazado y en lo posible una vez finalicen las obras, el corredor deberá quedar en similares condiciones a las encontradas inicialmente.

### **Medidas para el componente Socio-Económico**

Se recomienda la colocación de barreras físicas de ingreso a áreas de excavación y cargue de material, o la demarcación y aislamiento del área de los trabajos mediante el uso de cintas plásticas color naranja de 8 cm de ancho.

Los trabajadores deberán ser ilustrados sobre el reglamento de seguridad industrial para este tipo de obras y corresponde al contratista darlo a conocer suficientemente.

## **FASE OPERATIVA**

Para detectar cualquier alteración como resultado de una inadecuada operación de las lagunas, es necesario ejercer un control en la calidad de las aguas y el aire para evitar cualquier sobrecarga del sistema.

El operador deberá realizar la medición de caudal y las labores de mantenimiento rutinario. Estas últimas estarán encaminadas principalmente a velar por la eliminación de vegetación y material flotante en la superficie de las lagunas, generalmente en las esquinas, y por el control de la maleza en los taludes y en general en toda la extensión del terreno destinado para el tratamiento de las aguas residuales.

Adicionalmente, deberá observar en forma rutinaria: La coloración de la superficie del agua en las lagunas y la de las descargas de la tubería de conducción; la existencia de olores molestos; la presencia o no de moscas, zancudos y roedores; y el estado de conservación de los taludes. La finalidad de este último control será detectar problemas de filtraciones, de erosión, o de formación de cuevas de roedores o de cualquier otro animal cavador.

Para evitar el acceso de animales y personas a las lagunas, se construirá una cerca con alambre de púa con postes en madera o concreto, señalizaciones adecuadas y una caseta de vigilancia la cual debe disponer de área de oficina y espacio para los operadores, donde siempre haya una persona que impida el ingreso de personas no autorizadas a dicho sitio.

### **Medidas de control del funcionamiento de las lagunas**

Se deben efectuar mediciones de las concentraciones de DBO en el agua residual. Para lograr un control más estricto y un mayor rendimiento se deberán efectuar las siguientes determinaciones complementarias:

- Fluctuaciones de pH y del Oxígeno disuelto en las lagunas
- pH del agua afluente y efluente
- Sólidos totales, sólidos en suspensión y sólidos volátiles en el agua afluente y efluente.
- Nitrógeno orgánico total, Amoniaco, Nitratos y Fosfatos en el afluente y efluente de las lagunas.

### **Medidas para el control de insectos**

La espesa capa de espuma que suele formarse en las lagunas, puede favorecer la proliferación de moscas alrededor de las lagunas, por lo tanto, estas se deben eliminar rompiendo la capa de espuma rociándola frecuentemente con agua. Asimismo se deberán implementar trampas atrapa moscas con cebos envenenados en las proximidades de las lagunas.

En casos extremos y persistentes debe adicionarse sulfato de cobre para dar aproximadamente una solución de 1 mg/l en la laguna. Las natas removidas de las lagunas y secadas pueden ser quemadas o aplicadas a los taludes engramados, o dispuesta en un sitio adecuado.

Si se produce una proliferación importante de mosquitos habrá que aplicar medidas antilarvarias, empleando *larvicidas*.

### **Mantenimiento de los diques**

Como se planteó inicialmente, los diques o jarrillones deberán ser objeto de inspecciones regulares para descubrir cualquier posible erosión causada por el viento, el oleaje y la escorrentía superficial. Las reparaciones deberán efectuarse inmediatamente.

La parte externa de los diques se debe proteger con un empradizado a fin de proteger el suelo de la erosión ocasionada por el agua de escorrentía y evitar la proliferación de mosquitos. Se debe realizar un mantenimiento manual regular para impedir que la vegetación sea tan abundante que se produzca el secamiento del suelo por especies ávidas de agua, especialmente en este tipo de suelo. No se recomienda plantar hierbas de raíces profundas porque pueden afectar la impermeabilidad de los diques hasta el punto de colapsarlos.

### **Eliminación de olores**

Los olores frecuentemente provienen de la descomposición de masas de algas (*Chlamydomonas*), acumuladas por la acción del viento en una orilla o esquina de las lagunas, las cuales podrán crecer rápidamente y extenderse por toda la superficie de las lagunas y reducir la penetración de la luz en el agua. La solución del problema es la dispersión inmediata de las masas flotantes de algas. Otra solución es implementar una rueda de paletas propulsada mecánicamente para agitar la superficie.

Se debe tener especial cuidado con la eliminación de las algas en las lagunas de estabilización ya que podrían salir al receptor final y ocasionar la eutroficación de los cuerpos de agua en su recorrido.

Para mitigar el efecto de la generación de olores en las lagunas de estabilización, se ha proyectado la siembra de árboles alrededor de ésta, de tal manera que formen un cordón de protección, pero que a la vez no impida que el viento produzca una agitación en la superficie ya que la ausencia de ésta puede ser indicio de condiciones anaeróbicas o superficie aceitosa. Las especies recomendadas para tal fin deben tener las siguientes características:

- De raíces no muy gruesas que afecten la estabilidad de los taludes.
- Follaje abundante.
- Especie propia de la región para garantizar su desarrollo normal y rápido.
- Que no deshoje demasiado o por períodos muy prolongados, de tal forma que esto no contribuya a una sobrecarga en las lagunas.
- Que sea preferiblemente de raíces pivotantes, es decir, de crecimiento vertical.
- Que no sea frutal, para que las personas o animales no encuentren atractivo de acercarse a la laguna.
- Altura inicial al momento de sembrado, de 1 a 2 metros.
- Crecimiento rápido.

### **Reconocimiento de olores y colores característicos**

La aparición de un olor o el cambio de color del agua en la laguna, deberá poner alerta al operario para reconocer a tiempo estos signos, puesto que quiere decir que se está presentando un cambio importante en el funcionamiento del sistema.

Normalmente, las lagunas facultativas tienen casi siempre un color verde o verde parduzco, que a veces puede tomar un tono rosado o presentar cualquier otra variación, los estanques anaerobios son de color negro grisáceo.

Cuando el color verde característico de una laguna facultativa comience a cambiar a negro, acompañado de la aparición de masas flotantes de materias procedentes del fondo, indica una rápida fermentación de los sedimentos depositados en el fondo, debido a cambios en la temperatura de la laguna o de las características del agua residual.

La presencia de microorganismos coloreados (Chromatium, Thiospirillum y Thiopedia), es la consecuencia de una sobrecarga, una estratificación de la laguna o un defecto de funcionamiento.

La aparición de sulfobacterias fotosintéticas (Desodorantes biológicos), viene acompañada de una reducción de olor o ácido sulfúrico.

Siempre que sea posible conviene eliminar los árboles de gran tamaño, porque dificultan el funcionamiento de las lagunas, ya que se oponen a la acción natural del viento y reducen la intensidad de la luz en la superficie de las lagunas. Además las hojas que caen en la laguna pueden interferir los procesos fotosintéticos, aumentar la DBO.

### **Control de la Eutroficación**

Uno de los aspectos más importantes a analizar en una laguna de estabilización es su posibilidad de eutroficación y los métodos tendientes a controlarla. La eutroficación o fertilización excesiva de las aguas lleva a crecimientos exagerados de algas y plantas acuáticas que disminuyen con el tiempo la capacidad útil de la laguna y por consiguiente el período o vida útil de operación para el cual fue diseñada.

El control se hace midiendo las concentraciones de nutrientes y cuantificando la presencia de vegetación en la laguna, para esto se recomienda:

Realizar un control sobre la concentración de fósforo presente en las aguas residuales afluentes y efluentes de las lagunas facultativas o de maduración principalmente, porque este constituye uno de los factores más limitantes para el desarrollo o reducción del crecimiento de algas. Otro elemento susceptible de limitar la biomasa de algas, son las formas de nitrógeno

(Nitrato y Amoniaco), pero por lo general en las lagunas de estabilización es más frecuente una limitación por fósforo, por lo tanto su control se obtiene en la práctica precipitando el fósforo con sales de hierro o aluminio, o con cal, lográndose además de la eliminación del fósforo, la de otros elementos contaminantes de las aguas residuales domésticas.

### **Control de gases**

La generación de gases en un sistema de lagunas se presenta principalmente en la parte de la red en que las velocidades son muy bajas, cuando las distancias o los tiempos de recorrido son largos, cuando las alcantarillas fluyen a sección llena. Estos gases salen a la atmósfera en las zonas donde se presenta una caída de agua, generalmente en las lagunas.

El método recomendado para el manejo de los gases es el método de oxidación química el cual consisten en la oxidación de los compuestos causantes de olores. Entre los oxidantes que se puede utilizar y que son de uso más común están el cloro, cloruro férrico, peróxido de hidrógeno, ozono y dióxido de azufre. El uso del cloro contribuye a limitar el desarrollo de la película biológica.

## CAPITULO II

## 2. 1 ANALISIS Y CONCLUSIONES

La construcción, y operación de las lagunas genera un impacto leve sobre el ambiente. Como se puede notar las calificaciones ambientales generadas por la construcción de las lagunas son bajas si se tiene en cuenta que los impactos generados son de carácter negativo, pero el 90% de estas son de duración temporal (Solo durante la construcción).

En el componente agua la única actividad que presenta una calificación media por el posible arrastre de material u aportes de sedimentos que se pueda presentar en las aguas es la disposición del material sobrante. Esto se mantiene casi constante en los tres tipos de laguna estudiados. Este impacto se puede mitigar si se dispone el material en las zonas del relleno sanitario o utilizándolo para la conformación de terraplén el sitio de la laguna de oxidación. El efecto negativo que se presenta es mínimo, como se aprecia en el cuadro de calificación todas las actividades son de calificación baja. Durante la etapa de operación se verán afectadas las aguas de la zona debido a la supervisión y mantenimiento de las redes y la operación y mantenimiento de la laguna, y el manejo de lodos estos generan alteración en la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y del nivel freático, pero como los efectos son periódicos y de magnitud media, no presentan una calificación ecológica alta.

Las actividades que afectan el medio suelo son puntuales en la zona donde se instalarán las redes de tuberías ya que se ocasionan de manera temporal la alteración de la red de drenaje. También podemos encontrar remoción de masa en la excavación que contempla el proyecto. Estos efectos son de presencia probable, pero de duración temporal lo que hace que tenga una

calificación ecológica baja. La afectación se diferencia en los sistemas de acuerdo a las extensiones ocupadas, como se puede observar uno de los sistemas que mas área ocupa son las lagunas de estabilización, por lo tanto estas impactaran mas el factor suelo, seguida por la aireadas, teniendo las anaerobias menos área pero de igual forma en su operación ocasiona impacto.

El impacto que se presenta en el medio biótico es debido a la instalación de campamentos y talleres y el desmonte y limpieza que se deban efectuar en la zona del proyecto ya que se presenta cambios en la cobertura vegetal, pérdidas de hábitat silvestre. Estos efectos son de presencia probable, de duración rápida y de magnitud media; lo cual justifica que la calificación ecológica sea baja.

En forma general podemos notar que los medios que más afecta los sistemas de laguna son el medio biótico y el medio suelos, debido a la conformación de terraplén, descapote y todas las actividades relacionadas a la instalación de tuberías y la construcción de las lagunas.

En el componente aire si bien es cierto que el acarreo y transporte de materiales, el ruido de las maquinas y las excavaciones impactan negativamente, podemos observar en las matrices que son impactos leves, y además su duración es temporal (solamente en la etapa de construcción de las obras). En este caso la afectación mayor se da en la fase de operación y mantenimiento debido a la producción de gases y olores en el arranque y puesta en marcha del sistema de tratamiento y en el mantenimiento de la laguna, incluyendo el manejo de lodos. En la calificación de las matrices se aprecia que las lagunas anaerobias son las que mas impactan en cuanto a la producción de gases y olores se refiere.

Durante el arranque y puesta en marcha de la laguna se puede presentar olores desagradables, sino se sigue siguen los procedimiento correctos para un buen mantenimiento. Sin embargo, durante su funcionamiento, el efecto negativo sobre el aire se puede mitigar colocando una barrera de árboles alrededor de la laguna impidiendo de esta forma que los gases y olores lleguen hasta el casco urbano y a los habitantes aledaños a la zona de construcción del sistema.

El medio suelos es el que presenta más impactos medios y fuertes, debido a que las actividades de desmonte y limpieza, conformación de terraplén, descapote para la laguna de oxidación, disposición de material sobrante y la construcción de las estructuras de lagunas, alteran la calidad del suelo, destruyen la capa orgánica, ocasionan alteración en el patrón de drenaje de la zona y remueven la masa del suelo. Estos efectos aunque son de carácter negativo y de presencia probable, tiene una duración temporal lo que hace en la fase de operación estos impactos ya no se presenten y el suelo vuelva a su estado natural,

La fauna de la zona se afectará de dos formas, por desplazamiento y por atracción. Durante la etapa de construcción de la obra, debido al ruido de las maquinarias o a la destrucción de madrigueras y cuevas en la actividad de descapote del área de la laguna, algunas especies se alejarán de la zona del proyecto. En la etapa de operación se llevará a cabo el proceso contrario ya que por el sistema de tratamiento que se empleará, muchas especies se verá dadas llegar a esta zona ocasionando problemas para el funcionamiento del mismo, Este efecto se puede mitigar con un buen mantenimiento del sistema con el fin de no permitir la propagación de olores, gases y el estancamiento de aguas para frenar un poco la atracción de la fauna no deseada.

La vegetación de la zona se vera intervenida debido al descapote necesario para la construcción de la alguna de oxidación, este impacto es negativo en la zona del proyecto y de carácter permanente pero se puede tornar positivo al desplazar los árboles allí presentes reubicarlos en el mismo lote, de tal manera que formen una barrera al rededor de las estaciones y planta de tratamiento, mejorando la visual paisajística en estos sitios.

En el componente socioeconómico se encontraron impactos positivos de rango medio y fuerte. En la actividad de presentación del proyecto de la etapa preliminar; el aumento de expectativas de los habitantes, por ser esta una de las etapas fundamentales, para la comprensión por parte de la comunidad de las obras y sus impactos, y como producto de las necesidades de información de la gente acerca del nuevo proyecto, sus características, costos y alcances.

Por otra parte, al enterarse de los beneficios de contar con unos óptimos sistemas básicos, mejorarán los hábitos de higiene, patrones de comportamiento de los habitantes (Introducción a una mejor educación ambiental CE=5.5) y las condiciones de salubridad, lo cual se traducirá en una mejora de la calidad de vida.

Producto de las obras inherentes a los proyectos, se generará la demanda de mano de obra no calificada, que evidentemente favorecerá a la comunidad local, por la generación de empleos y por la necesidad de ciertos bienes y servicios, especialmente en la etapa de construcción, brindándoles nuevos ingresos a las familias, convirtiéndose de esta forma en aspectos muy positivos para la población, extendiéndose aún en la etapa de operación.

Los impactos de carácter negativo que se esperan, son de rango leve, y se presentan en la etapa de construcción; por molestias e incomodidades a la

población causadas por la generación de ruido y polvo, por modificarse y limitarse la accesibilidad en algunas viviendas, establecimientos e instituciones, por cambios en las rutas de transporte y por la generación de escombros y desperdicios. Es de resaltar que todos estos efectos solo se presentarán durante la construcción del proyecto, razón por la cual se consideran temporales, de rápida solución y por eso no se destacan en el análisis (en cuanto a calificación ecológica se refiere). Los impactos positivos superan a los negativos, de allí el carácter positivo de la calificación ecológica total. Cabe anotar que la colaboración de la comunidad, las autoridades competentes, y el seguimiento de las recomendaciones formuladas en los planes de manejo, serán factores claves para mitigar los efectos negativos que se presenten y garantizar un buen desarrollo de las obras.

Lo anterior refleja que al entrar en funcionamiento el sistema de lagunas resultarán mayores efectos positivos fuertes sobre la población, porque al disponer de servicios básicos en perfecto estado, se mejorará indiscutiblemente la calidad de vida de los habitantes, se fortalecerá la participación comunitaria, se reducirá notablemente el incremento de algunas enfermedades, mejorando de esta forma las condiciones de salud de la población en general y tendrán más oportunidades de captar nuevos recursos para otras inversiones.

De acuerdo a la valoración realizada de la evaluación ambiental y del estudio de impactos ambientales concluimos que de manera general después que se realice un buen diseño y se haga un estudio minucioso, los sistemas de lagunas presentan una buena incorporación al medio, y como es sabido no necesita de mano de obra especializada, lo que representa una gran alternativa para nuestras poblaciones, cabe anotar que en la parte económica hay que hacer las valoraciones respectivas sobre todo cuando se

trata de ciudades con un buen número de habitantes (>5000 hab.), puesto que en estos casos la relación costo beneficio en el tiempo puede apuntar más a otros tipos de plantas de tratamientos, o en su defecto combinar las lagunas con otro sistema como se ha hecho en varios países de Latinoamérica, en el caso de Colombia en la ciudad de Bucaramanga en la planta de Río Frío, donde se combina un sistema UASB, con lagunas facultativas, este sistema abarca una población equivalente de 240.000 usuarios arrojando buenos resultados para una ciudad con más de 500 mil habitantes. Por eso sin lugar a incurrir en aseveraciones apresuradas, en pequeños poblados los sistemas de laguna son una gran salida para la solución del tratamiento de aguas residuales, que tanto afectaciones causa en nuestro medio, lo que trae consigo contaminación de los acuíferos, de los ríos, mares, suelos, y proliferación de toda clase de insectos y organismos patógenos perjudiciales para la salud pública de cualquier población.

En el caso especial del Departamento de Sucre donde el tratamiento de las aguas es bastante ineficiente, puesto que los pocos Municipios que cuentan con sistema de tratamiento (lagunas), en su mayoría operan en mal estado por lo que es importante que se empiece con los respectivos estudios de alternativas y buscar prontas soluciones a un problema tan serio y que parece interesarle a unos pocos, ya no podemos seguir excusándonos y hacernos los desentendidos a este tipo de agravantes, lo ideal es empezar a impartir en nuestras comunidades una buena educación ambiental, porque nada hacemos construyendo estructuras que pueden ser subutilizadas por la falta de conciencia y educación ambiental, al mismo tiempo adelantar los estudios de factibilidad técnica económica y ambiental, con lo que se espera que con esta evaluación ambiental se de pie al resto de estudios antes mencionados para tener la plena certeza y la garantía que los sistemas de lagunas son en realidad una alternativa viable para nuestra región. A

continuación se muestra un cuadro de los sistemas que operan y el estado en que se funcionando en Sucre.

## BIBLIOGRAFIA

1. COLLADO Lara, Ramón. Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1992;
2. TCHOBANOGLOUS George y Crites. Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá 2000;
3. METCALF y Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales Vol1, Mc Graw Hill, Madrid, 1995;
4. METCALF y Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales Vol2. Mc Graw Hill, Madrid 1995;
5. RAUCHWERGER Rodríguez, Eric. Modulo Evaluación Ambiental. Universidad de Sucre, Sincelejo, 2006;
6. CONESA Fernández, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Ediciones Mundo y Prensa, Madrid, 1993;
7. A. HERNÁNDEZ Muñoz, Depuración de aguas residuales. 4ª Ed. Paraninfo. Madrid, 1998;
8. YÁNEZ Fabián, Ph.D. Seminario Internacional Tratamiento de Aguas Servidas,
9. RAS 2000 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D.C., 2000;
10. LEÓN Peláez Juan Diego, Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos De Desarrollo, Departamento de Ciencias Forestales;

**Web site :**

11. [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas\\_servidas&oldid=3782127](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aguas_servidas&oldid=3782127), Editor Wikipedia la Enciclopedia Libre;
12. [fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep\\_ing\\_civil/profesores/jlara/ic133/ac-etatos18.pdf](http://fing.javeriana.edu.co/ingenieria/dep_ing_civil/profesores/jlara/ic133/ac-etatos18.pdf), Tratamientos Naturales de Aguas Residuales;
13. [http://ab.dip-caceres.org/alcantara/alcantara\\_online/55/55\\_005b.htm](http://ab.dip-caceres.org/alcantara/alcantara_online/55/55_005b.htm)
14. <http://www.es.irc.nl/page/26728>
15. <http://www.cdmb.gov.co/tratamie.php>