

**DISEÑO A ESCALA DE UN SISTEMA DE DISCOS ROTATORIOS PARA
EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

**CLAUDIA MILENA CAMACHO RIOS
GLORIA ROCIO GOMEZ BENAVIDES**

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISION DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
1996**

**DISEÑO A ESCALA DE UN SISTEMA DE DISCOS ROTATORIOS PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

**CLAUDIA MILENA CAMACHO RIOS
GLORIA ROCIO GOMEZ BENAVIDES**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Director:
ELIZABETH MUÑOZ
Bióloga MSc.**

**Universidad Autónoma de Occidente
SECCION BIBLIOTECA**



**C.U.A.O.
BIBLIOTECA**



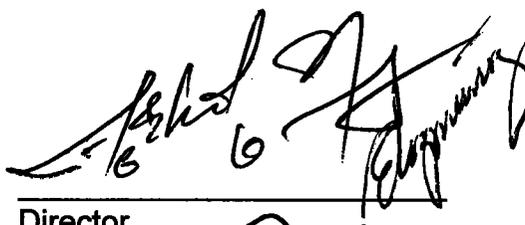
0022048

020737

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISION DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
1996**

NOTA DE ACEPTACION

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.



Director



Jurado

Jurado

Cali, Feb. de 1996

T
628.162
e172d
e.1

29-02-96
Gloria G6niz
Gloria Camacho
Doraclara Claudia Camacho

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	
1. OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.3 DELIMITACION	5
1.3.1 Delimitación temporal	6
2.0 JUSTIFICACION	7
3.0 RESEÑA HISTORICA	9
4.0 FUNDAMENTOS TEORICOS DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLOGICOS ROTATORIOS	13
4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO	13
4.1.1 Película biológica	14
4.1.2 Adherencia de la biopelícula al medio sólido	17
4.1.2.1 Adherencia permanente	18
4.1.2.2 Adherencia transitoria	18
4.1.3 Principios del proceso	19

4.1.3.1 Adherencia	22
4.1.3.2 Adsorción	22
4.1.3.3 Descomposición biológica y oxidación	22
4.1.3.4 Regulación de espesor de la película	22
4.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA INTEGRAL DE DISCOS BIOLÓGICOS	23
4.2.1 Tratamiento primario	23
4.2.2 Reactor	25
4.2.3 Tipo de flujo	25
4.2.4 Medio de contacto	26
4.2.5 Potencia para movilizar el sistema	26
4.2.6 Clarificador secundario	28
4.4 MICROBIOLOGIA DEL SISTEMA	28
5.0 CRITERIOS DE DISEÑO	31
5.1 CARGA HIDRAULICA	32
5.2 CARGA ORGANICA	32
5.3 PELICULA BIOLÓGICA	34
5.4 TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO	35
5.5 VELOCIDAD DE ROTACION DEL MEDIO	35
5.6 AREA SUPERFICIAL DEL MEDIO	37
5.7 ETAPAS Y ARREGLOS EN EL SISTEMA	38
5.8 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO	39
5.8.1 Temperatura	39
5.8.2 pH	40
5.8.3 Alcalinidad	40
5.8.4 Salinidad	41

5.8.5	Parámetros del reactor que se utilizaron para el presente proyecto	41
6.0	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BIODISCOS	43
6.1	VENTAJAS DE LOS DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS	43
6.2	DESVENTAJAS DE LOS DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS	45
7.0	OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE DISCOS BIOLÓGICOS	47
8.0	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS	50
8.1	COMPONENTES DEL SISTEMA	50
8.1.1	Sistema de alimentación	51
8.1.2	Sistema de rotación	52
8.1.2.1	Motor de velocidad regulada	52
8.1.2.2	Reductor	52
8.1.2.3	Eje	53
8.1.2.4	Soportes	53
8.1.3	Reactor	54
8.2	PARAMETROS DE DISEÑO	56
9.0	NORMAS SOBRE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	57
10.0	OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	76
10.1	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	76
10.1.1	Lodos activados	77

10.1.2	Filtros percoladores	78
10.1.3	Lagunas de estabilización	79
10.1.4	Filtros anaeróbicos	80
10.1.5	Zanjas de oxidación	81
10.1.6	Sistemas UASB	81
11.	METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA OPERACION DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLOGICOS ROTATORIOS	82
12.	CONCLUSIONES	
13.	RECOMENDACIONES	
-	BIBLIOGRAFIA	

LISTA DE TABLAS

		Página
TABLA 1.	Guía de problemas operacionales y posibles soluciones	48
TABLA 2.	Número de discos y áreas correspondientes por cada etapa	55
TABLA 3.	Parámetros de diseño.	56
TABLA 4.	Normas sobre vertimientos de aguas.	61
TABLA 5.	Normas sobre vertimientos de de aguas al alcantarillado público.	62
TABLA 6.	Estimación costos de fabricación del sistema.	88

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1.	Sección transversal de un biodisco.	15
FIGURA 2.	Distribución de aire y agua residual sobre un disco.	19
FIGURA 3.	Componentes de un sistema integral de discos biológicos rotatorios.	24
FIGURA 4.	Diagrama de flujo del sistema de biodiscos.	51

LISTA DE ANEXOS

- | | |
|----------------|---|
| ANEXO 1 | Sistema de discos biológicos rotatorios |
| ANEXO 2 | Clarificador secundario del sistema |
| ANEXO 3 | Reactor del sistema |
| ANEXO 4 | Vista lateral clarificador primario y reactor |
| ANEXO 5 | Plano reactor del sistema |
| ANEXO 6 | Plano sedimentador primario y secundario del sistema |
| ANEXO 7 | Plano polea del sistema |
| ANEXO 8 | Plano bujes del sistema |
| ANEXO 9 | Diagrama de operación y proceso del sistema. |

RESUMEN

El presente trabajo fue elaborado con el objeto de implementar un sistema para tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel de escala, que será implementado en el laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Occidente. Con el diseño y construcción de este sistema de tratamiento de aguas residuales denominado Discos Biológicos Rotatorios, se pretende dar a conocer las ventajas que proporciona el sistema a nivel ambiental, además de presentar una descripción detallada de su funcionamiento. Se incluye la metodología utilizada desde la concepción del proyecto hasta su construcción y montaje.

Con el desarrollo de este nuevo equipo la Universidad puede contar con más herramientas técnicas para brindar mayor conocimiento a los futuros estudiantes de ingeniería.

INTRODUCCION

Con el desarrollo de este proyecto se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en el curso de Ingeniería y Medio Ambiente dictado a los estudiantes de Ingeniería Industrial. Los beneficios del trabajo se verán reflejados en la construcción y diseño de un Sistema de Discos Biológicos Rotatorios a nivel de escala para el Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente que la Universidad Autónoma de Occidente planea implementar, haciendo posible que el futuro ingeniero conozca todas las bases teóricas fundamentales relacionadas con este tema. Inicialmente se dará a conocer la metodología utilizada como las técnicas que incluyen los biodiscos implementados en diferentes instituciones como visitas técnicas, búsqueda de bibliografía, toma de ayudas visuales (fotografías, video y filminas). También se explicarán las diferentes etapas presentes en el Sistema de Discos Biológicos Rotatorios para el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde se mostrarán cada uno de los parámetros de diseño. Los discos biológicos rotatorios son sistemas de tratamiento de aguas de tipo doméstico e industrial. Sin embargo como las características son diferentes y éstas a

su vez influyen en la eficiencia del proceso, es necesario y obligatorio estudiar estas características antes de diseñar una planta de biodiscos. Las aguas residuales domésticas tienen características físicas, químicas y biológicas muy similares entre sí, mientras que en las aguas industriales estas características varían según el tipo de industria y el tipo de proceso que se lleve a cabo en cada una de ellas. En términos generales se considera que las aguas residuales poseen adecuadas concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo), proporcionándole a los microorganismos el alimento indispensable para su crecimiento, sin embargo, en algunas aguas residuales la concentración de nutrientes es baja y es necesario adicionar nitrógeno y fósforo al agua residual antes de iniciar el tratamiento de biodiscos. Posteriormente se muestra el diseño del sistema a escala de discos biológicos rotatorios con sus respectivas especificaciones técnicas, además de incluir paso a paso el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta las condiciones bajo las cuales se desarrolló el proyecto, tales como adecuación del sistema a una escala que permita obtener los mismos resultados de una planta piloto y obtener el mismo medio ambiente de los tratamientos que se tomaron como referencia.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir a escala un Sistema de Discos Biológicos Rotatorios para el tratamiento de agua residuales, que será implementado en el laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Occidente.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el funcionamiento mecánico del sistema de discos biológicos rotatorios con cada uno de los elementos que lo conforman.
- Definir las especificaciones del diseño, materiales y equipos necesarios para la fabricación y montaje de un sistema de biodiscos a nivel de laboratorio, que posean las mismas características de un sistema de biodiscos a escala real.

- Realizar un audiovisual del sistema de tratamiento de aguas residuales que servirá de material didáctico para los estudiantes de Ingeniería Industrial, con el propósito de visualizar un sistema de biodiscos a escala real.

1.3 DELIMITACION

Para la realización de este proyecto se tomó como base la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Ginebra (Valle), que cuenta con un sistema piloto de discos biológicos rotatorios y que se encuentra funcionando actualmente.

También se tomaron como referencia los sistemas instalados en la Universidad del Valle y el biodisco en construcción de la planta de Cañaveralejo Cali.

De la observación de estos sistemas, se analizaron las posibles fallas y errores que se presentaron tanto en su montaje como en el diseño, teniendo en cuenta estas consideraciones para aplicar directamente los correctivos necesarios en el desarrollo del presente proyecto.

1.3.1 Delimitación Temporal. La duración del proyecto fue de ocho (8) meses desde la recopilación bibliográfica del tema hasta su diseño, construcción y funcionamiento. Para el desarrollo del proyecto de discos biológicos rotatorios se recopilaron las bases teóricas de diferentes fuentes informativas como fueron revistas, documentales desarrollados por entidades dedicadas al cuidado del medio ambiente, así como de textos bibliográficos.

La proyección hacia el futuro del proyecto será tema de estudio, ya que se deben tener en cuenta los rápidos cambios tecnológicos en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

2.0 JUSTIFICACION

La tecnología ambiental es un componente obligado actual de todo proceso productivo, no sólo como resultado de un marco normativo sino como indicador de calidad industrial. En este sentido se requiere que los profesionales de la Ingeniería tengan una actitud responsable ante el medio ambiente y por lo menos el conocimiento sobre las tecnologías para prevenir, minimizar, eliminar y monitorear procesos contaminantes. La Universidad Autónoma de Occidente posee una sección de laboratorios que tiene por finalidad permitir el conocimiento de procesos y así mismo sirve de opción para la unificación, la innovación y la creatividad. En la actualidad se hace necesaria la creación del Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente para la Universidad Autónoma de Occidente, cuya finalidad es complementar las bases teóricas en la formación de los estudiantes de Ingeniería, en temas de relevante importancia como el medio ambiente, específicamente el tratamiento de las aguas residuales que se hace tan necesario para nuestra supervivencia. Los beneficios que se esperan obtener con el desarrollo del proyecto se verán reflejados en la medida en que los estudiantes y

profesionales divulguen los principios fundamentales de la Ingeniería Ambiental, con el objeto de lograr una mayor concientización del adecuado y óptimo manejo de los recursos naturales.

El modelo experimental que se propone podrá ser utilizado para realizar simulaciones de pruebas, análisis y cálculos a escala del proceso real de biodiscos, que básicamente consiste en una serie de discos montados en un eje horizontal con rotación en un tanque. A medida que los discos rotan, los microorganismos son los que absorben el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente. Entonces éstos pasan por el fondo del tanque y absorben el agua residual, la película bacterial va creciendo hasta que se desprende del disco y queda en suspensión por la acción rotatoria de los mismos.

En la actualidad hay una tendencia a mejorar los métodos de cálculo de los parámetros y criterios de diseño considerados en la implementación de este sistema, debido a continuas comparaciones con los resultados obtenidos de los sistemas de discos biológicos rotatorios diseñados con anterioridad por diferentes entidades.

3. RESEÑA HISTORICA

Entre los sistemas de aguas residuales que se han venido desarrollando a través de la historia se encuentran los contactores biológicos rotatorios que corresponden a una optimización del concepto de los filtros percoladores. El tratamiento de discos biológicos rotatorios para aguas residuales fue concebido primero en Alemania por Weigand en 1900. Su patente describe un cilindro conformado por tablas de madera. Sin embargo, las unidades no fueron construidas hasta 1930 cuando Bach e Imhof probaron éste como un sustituto para el filtro percolador. Estas unidades experimentaban severos problemas con el CLOGGING de la madera.

La patente original del sistema de discos rotatorios biológicos fue registrada por A.T. Maltby en 1928, quien utilizó discos de asbesto-cemento, sobre los cuales crecía la biomasa al ir fluyendo el agua residual a través de las láminas. Este era un material muy duradero, pero su elevado peso incrementaba los costos de funcionamiento. El oxígeno se suministraba por medio de aire comprimido. Al proporcionarse movimiento a éstas láminas se

pretendía obtener oxígeno de la atmósfera, pero el costo que esto implicaba era mayor comparándolo con el sistema de suministro de oxígeno por medio de aire comprimido, esto debido, tanto a los problemas mecánicos que se producían al mover las pesadas láminas de asbesto cemento como a la dificultad técnica de encontrar un eje capaz de soportar las cargas. Este sistema tenía problemas de taponamiento con los consiguientes malos olores debido a la condición anaeróbica que se producía en el mismo.

En los 50's la Popel at Stuttgart University condujo intensas investigaciones usando discos plásticos de 1 m de diámetro. Por esa misma época se desarrolla el poliestireno, material que resultó económico para la construcción de estos discos.

Para 1957 la compañía J. Conrad Stenling en Tuttlingen, Alemania Occidental comenza la fabricación de los discos de poliestireno dilatado de 2 y 3 m de diámetro, para uso de plantas de tratamiento de agua residual. La primera instalación comercial fue puesta en operación en 1960 extendiéndose su uso rápidamente por toda Europa a causa de su simplicidad y bajo poder de consumo. En este tiempo hay casi 1000 instalaciones de disco de poliestireno desarrollado, ubicado primero en Alemania Occidental, Suiza y Francia, con unas pocas instalaciones en Italia, Austria, Gran Bretaña y los países escandinavos. A pesar de la gran

.simplicidad de operación y el requerimiento de menos poder, el sistema de discos de poliestireno ha estado restringido para pequeñas instalaciones debido al alto costo de construcción para activar el sistema.

Los trabajos de desarrollo del proceso de disco rotatorio comenzaron en Estados Unidos a mediados de 1960. Este fue terminado sin conocimiento de los trabajos previos y fue un resultado de otro trabajo en pruebas de discos para aplicaciones de procesos químicos. Después comenzaron las actividades en Europa. El tratamiento fue comercializado bajo el nombre de Biodisco tanto en Estados Unidos como en Europa. La primera instalación comercial en los Estados Unidos fue para una pequeña industria de queso.

Las actividades continuaron con éxitos comerciales limitados. Al mismo tiempo los derechos de comercialización fueron adquiridos por la Autotrol Corporation y el uso del poliestireno expandido en la construcción de discos continuó con igual éxito comercial.

En 1972 la Autotrol Corporation anunció el desarrollo de un nuevo disco rotatorio construido de lámina corrugada de poliestireno de alta densidad alternando concentraciones de lámina corrugada y plana. El viejo disco de poliestireno era frágil y susceptible a daños durante el montaje, embarque,

instalación y levantamiento de la planta de tratamiento. El nuevo disco era estructuralmente superior y sumamente resistente a daños.

La construcción del disco corrugado está siendo ahora comercializada bajo el nombre de Biodisco, realizándose actualmente más de 250 instalaciones de tratamientos de aguas residuales, en Estados Unidos y Canadá.

4. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los Sistemas de películas adheridas se pueden dividir en dos grupos; uno es el sistema de medio fijo que corresponde a los filtros percoladores y el otro corresponde a sistemas de medios en movimiento dentro de los cuales se incluyen los discos rotatorios.

Los discos biológicos rotatorios (DBR), son un sistema de tratamiento aeróbico y biológico, los cuales al ponerse en contacto con el agua residual que contiene una población microbiana heterogénea forman una película de lama que se adhiere a la superficie de éstos. Los discos rotan lentamente sostenidos por un eje que puede ser longitudinal o perpendicular a la dirección del flujo. Esta rotación hace que los discos estén en contacto con el agua residual y con el aire.

4.1.1 Película Biológica. Cuando se inicia el tratamiento de aguas residuales con un sistema de biodiscos y el medio de contacto se encuentra limpio, se requiere de varios días para que la película biológica se empiece a formar y llegue a tener un espesor óptimo para el tratamiento. El tiempo requerido para que esto ocurra depende de las características biológicas del agua residual tratada; sin embargo, es conveniente recircular el afluente para minimizar el tiempo de formación de la biopelícula y que la población microbiana se comience a adherir al medio de soporte en donde logra su maduración.

La película biológica está formada por dos zonas que se forman a medida que se trata el agua residual, una aeróbica y otra anaeróbica. Sin embargo se considera que el aporte anaeróbico al tratamiento es insignificante comparado con el aeróbico; por tal razón se utilizará el sistema de biodiscos para aplicaciones aeróbicas de remoción de DBO_5 y nitrificación exclusivamente. A continuación se muestra en la Figura 1 una sección transversal del disco, en el que se puede observar las diversas capas de la biopelícula.

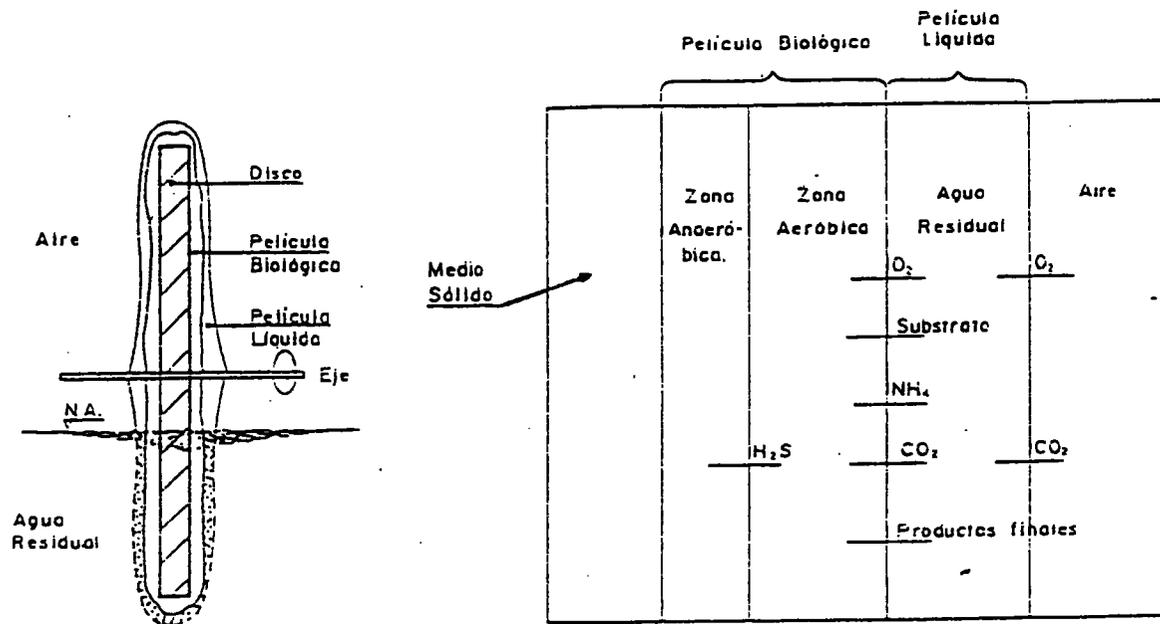


FIGURA 1. Sección transversal de un biodisco.

El sistema de biodiscos tiene la gran ventaja de contar con una muy buena aireación de la película biológica, ya que se garantiza el contacto de la biomasa tanto con el agua residual como con la atmósfera, lo cual proporciona un superávit de oxígeno permitiendo una completa estabilización de la materia orgánica en forma aeróbica.

La formación de la biopelícula comienza cuando los microorganismos presentes en el agua residual se empiezan a adherir al medio de contacto

(disco). Estos microorganismos crecen tomando los nutrientes del agua residual y el oxígeno de la atmósfera. Al comienzo de la formación de la biopelícula existen suficientes nutrientes y oxígeno con lo cual los microorganismos crecen aceleradamente, aumentando en forma considerable el espesor de la biopelícula. A medida que ésta se va engrosando, el oxígeno y los nutrientes son consumidos por la población microbiana que se encuentra más hacia la superficie del disco, lo que da lugar a que el oxígeno no penetre todo el espesor de la biopelícula, estableciéndose un ambiente anaeróbico en el interior de la lama microbiana. En estas condiciones el paso del disco a través del agua hace que se desprenda la biopelícula, quedando parte en suspensión y otra sedimentada. La biomasa que queda suspendida ayuda al proceso de estabilización de la materia orgánica y a formar un floc similar al producido por los lodos activados.

El sistema puede alcanzar un mayor grado de eficiencia si se colocan varias series de discos una tras otra formándose así etapas o compartimientos de tal forma que el efluente de una etapa sea el afluente de la etapa siguiente. Este sistema no sólo mejora la eficiencia del proceso de remoción de materia orgánica sino que proporciona alcanzar un alto grado de nitrificación.

4.1.2 Adherencia de la biopelícula al medio sólido. Cualquier superficie en contacto con un medio nutriente que contenga microorganismos, desarrollará una capa biológicamente activa como resultado de procesos de transporte físico y crecimiento biológico. La importancia de contar con un medio de soporte sólido es el de proporcionar rigidez y estabilidad para la adherencia de los microorganismos presentes en el agua residual. Este medio sólido debe ser inerte a las sustancias en contacto con él, de manera que no altere el crecimiento de la biomasa.

Para hacer óptima la adherencia es necesario proporcionar a la población microbiana, oxígeno y nutrientes, pero estos últimos deben estar en menor proporción que la materia orgánica estimada en términos de DBO ó DQO.

Algunos aspectos que contribuyen a la formación de una biopelícula ideal son los siguientes:

- Crecimiento y proliferación de microorganismos adheridos
- Absorción de materia orgánica
- Presencia de células microbianas en la superficie

Es de gran importancia tener en cuenta los tipos de adherencia de la biopelícula que se clasifican en permanente y transitoria.

4.1.2.1 Adherencia permanente. Este tipo de adherencia se caracteriza porque la población microbiana se extiende en todo el medio y no se aglomera en un solo lugar, ya que el contacto de el disco con el agua residual y con la atmósfera es total.

4.1.2.2 Adherencia Transitoria. En esta forma de adherencia los microorganismos se aproximan a la superficie tratando de moverse en torno a una concentración de nutrientes para estar siempre en contacto con el alimento.

El medio de contacto sólido más eficaz para la adherencia de la biopelícula, es aquel que tenga una mayor área superficial, logrando así que la población microbiana disponga de un medio bastante amplio para su adherencia. La Figura 2 muestra la distribución de aire y de agua residual sobre una superficie corrugada como medio de adherencia de la biomasa.

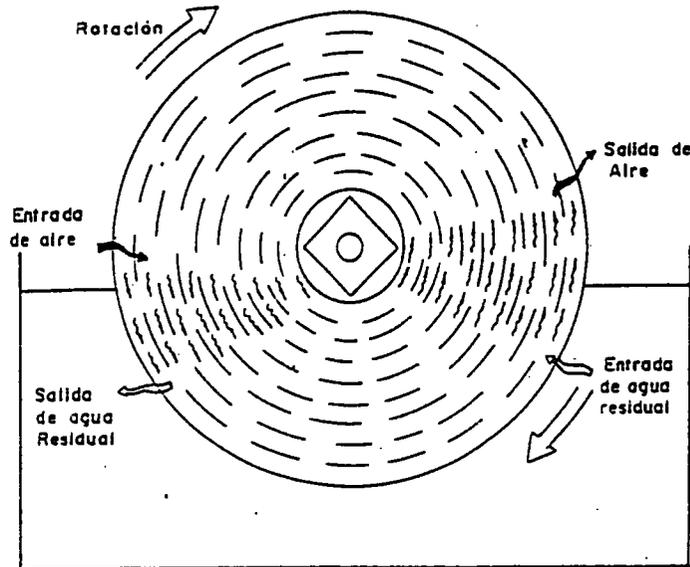


FIGURA 2. Distribución de aire y agua residual sobre un disco.

4.1.3 Principios del proceso. La capa biológica está formada por un sistema microecológico de bacterias, hongos, protozoarios, donde estos microorganismos crecen y consiguen energía para este proceso. Las enzimas pueden aumentar en gran medida la velocidad de las reacciones químicas sin alterarse. Estas son conocidas por su alto grado de eficiencia en la conversión del substrato en productos finales, junto con estas se requiere energía para llevar a cabo las reacciones bioquímicas de la célula. Esta energía se obtiene mediante la oxidación de la materia orgánica, en otros sistemas la energía se adquiere de la reacción fotosintética.

En resumen, se puede afirmar que el metabolismo total de las células bacterianas consiste en dos reacciones químicas de energía y síntesis. La primera reacción libera energía de modo que produce la segunda reacción de síntesis celular. Ambas reacciones son el resultado de numerosos sistemas dentro de la célula y cada sistema consiste en muchas reacciones catalizadas por enzimas.

En el sistema de biodiscos la película biológica se encuentra formada por microorganismos, entre los cuales están presentes las bacterias autótrofas y heterótrofas, donde cada una de ellas cumple un papel importante en el tratamiento. Las heterótrofas se encuentran al comienzo del sistema, es decir, en las primeras series de discos, donde la carga orgánica es mayor.

Estas bacterias oxidan el residuo orgánico y la energía obtenida en estas reacciones bioquímicas se utilizan para la síntesis de nuevo material celular. Las bacterias heterótrofas requieren para su metabolismo gran cantidad de compuestos orgánicos, por esta razón están presentes donde la materia orgánica es abundante.

Los microorganismos autótrofos adquieren la energía necesaria para las reacciones de oxidación-reducción. Estos microorganismos se encuentran en

las etapas posteriores de los biodiscos, donde su papel fundamental es la conversión de compuestos amoniacales a nitratos.

Los nutrientes son a veces el factor limitante del crecimiento y síntesis celular. Las bacterias y otros microorganismos requieren de nutrientes para su crecimiento, principalmente Nitrógeno y Fósforo. Estos nutrientes no siempre están presentes en aguas residuales de tipo industrial que permita el crecimiento adecuado de los microorganismos y así lograr una adecuada estabilización de la materia orgánica.

Existen dos ciclos fundamentales en la naturaleza que suponen el crecimiento y descomposición de la materia orgánica. Uno es el anaeróbico que opera bajo condiciones de ausencia de oxígeno y el otro es el ciclo aeróbico, el cual está basado en el fundamento de oxidación de la materia orgánica en presencia de oxígeno y que corresponde al sistema de biodiscos.

En los procesos aeróbicos, la materia orgánica es utilizada por los microorganismos como fuente de carbono y energía, la cual a través de los procesos de respiración es llevada a Anhídrido Carbónico (CO_2) y agua.

El proceso biológico en biodiscos sigue la secuencia mostrada a continuación:

4.1.3.1 Adherencia. Ocurre cuando los microorganismos presentes en el agua residual comienzan a adherirse al disco formando la película biológica.

4.1.3.2 Adsorción. Una vez formada la película biológica en el disco, éste pasa a través del agua residual, proporcionando la materia orgánica a los microorganismos. Es necesario anotar que con el paso del disco a través del agua residual muchos microorganismos presentes en el líquido se adhieren a la biomasa incrementando el espesor de ésta.

4.1.3.3 Descomposición biológica y oxidación. En esta etapa los microorganismos mediante la respiración descomponen los compuestos orgánicos que han sido absorbidos. Una parte de la materia orgánica estabilizada por reacciones enzimáticas, es utilizada para la síntesis de las nuevas células y la otra parte es oxidada completamente.

4.1.3.4 Regulación de espesor de la película. La película biológica va aumentando de espesor por la proliferación de microorganismos sobre el medio, sin embargo llega a un espesor tal, que a la lama microbiana que

está en la parte interna de la película no le llega oxígeno ni nutrientes, presentándose entonces el desprendimiento de la película, ya que los microorganismos pierden la propiedad de adherencia al medio.

Se considera que la película biológica llega a tener de 3 a 4 mm de espesor antes de comenzar su desprendimiento. Este autoregulamiento de la película favorece el tratamiento ya que permite una separación entre discos consecutivos no mayor de 2 cm, facilitando así poder contar con una gran área superficial en una longitud corta.

4.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA INTEGRAL DE DISCOS BIOLÓGICOS

4.2.1 Tratamiento primario. Como todo proceso biológico, los reactores de discos biológicos deben estar precedidos por un pretratamiento o remoción primaria de sólidos suspendidos, consistente en un sedimentador primario FIGURA 3.

El no remover estos materiales puede ocasionar sedimentación de arena y otros materiales orgánicos en el fondo del tanque de los biodiscos, reduciendo por un lado el volumen de éstos y por otro ocasionando condiciones sépticas, arrastre de la película biológica y posible atascamiento de la unidad. Es por esto que se debe contar con el equipo adecuado de

tratamiento primario, para obtener un buen rendimiento en el sistema de discos biológicos.

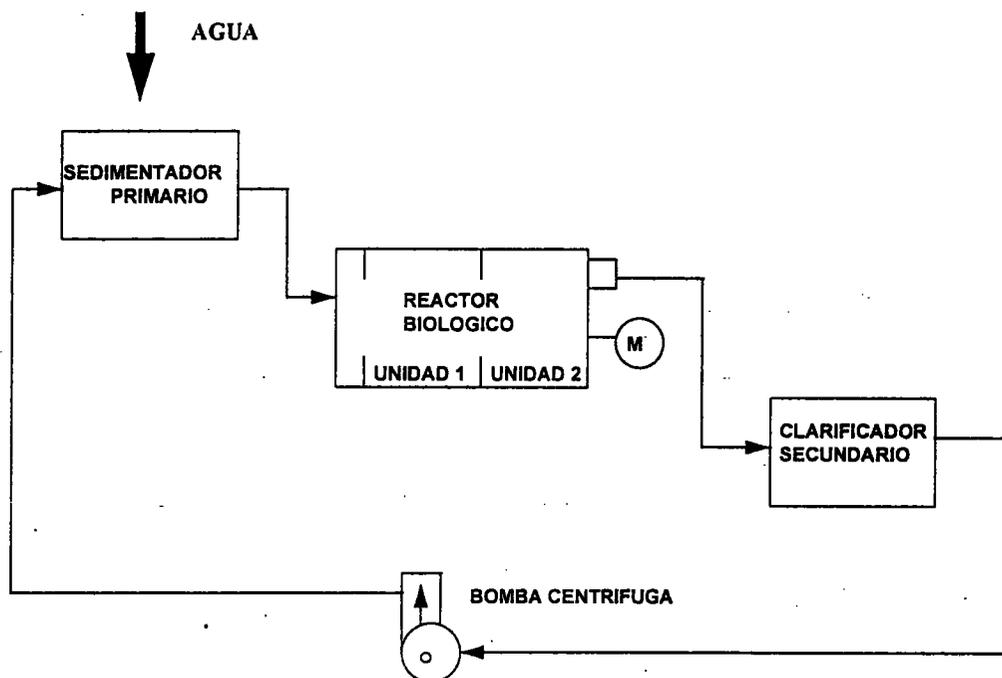


FIGURA 3. Componentes de un sistema integral de discos biológicos.

Algunas plantas que utilizan al tratamiento de discos biológicos, cuentan con tanques de regularización antes del clarificador primario para absorber flujos y variaciones de carga, esto permite la dilución y/o neutralización del desecho y en general eliminar las sobrecargas. Cargas orgánicas demasiado altas en el afluente pueden ocasionar sobrecargas de la primera etapa del sistema, resultando una disminución en la reducción de la Demanda

Biológica de Oxígeno (DBO) y en algunos casos alterar las características de sedimentación del lodo biológicos producido.

4.2.2 Reactor. Es el lugar donde se realiza el tratamiento biológico propiamente dicho. Normalmente consta de varios compartimientos conocidos como etapas, en donde circula el agua residual, la cual es continuamente aireada mediante una serie de discos que se encuentran en movimiento. La biomasa requerida por el tratamiento se encuentra adherida a los discos y dentro del agua residual.

Cada etapa está separada mediante un bafle o pared que tiene como objetivo garantizar que las condiciones de operación sean independientes de cada una de las etapas y que las características del agua residual varíen entre un compartimiento y otro permitiendo la optimización del tratamiento.

4.2.3 Tipo de Flujo. Cuando el flujo es perpendicular al eje, en cada compartimiento se puede asimilar con el flujo completamente mezclado. Normalmente se utilizan varias etapas. El mayor porcentaje de plantas instaladas que utilizan biodiscos, tanto en Europa como en Estados Unidos se han diseñado y funcionan con flujo perpendicular a su eje de rotación.

4.2.4 Medio de Contacto. El objetivo del medio de contacto es proporcionar un soporte sólido y estable para la biomasa, además exponer alternativamente el área superficial al contacto con el agua residual y con el aire.

El material de que está hecho el disco rotatorio debe ser inerte a las sustancias en contacto con él, de tal manera que no se impida el crecimiento de la capa biológica a causa de materiales tóxicos, ni que sea atacada por sustancias presentes en el agua residual. Debe ser lo suficientemente rígido para no permitir que los discos se deformen lateral y verticalmente; debe tener una resistencia apropiada al corte y al aplastamiento, al estar en contacto con el eje debido al pesos propio de los discos y al de la capa biológica asociada.

Los discos deben estar separados cierta distancia de tal manera que permita el paso del agua residual, del aire y facilite el crecimiento de la película.

4.2.5 Potencia para movilizar el sistema. El sistema de biodiscos requiere de energía para mantener en movimiento el eje que contiene los discos, el cual está descansando sobre un sistema de apoyo que normalmente consiste en chumaceras. La energía es utilizada para vencer la

fricción sobre el sistema de apoyo, la cual a su vez depende de la fuerza normal ejercida por los discos con su biomasa y el coeficiente de rozamiento con las esferas y la pared de la chumacera; a esto se le debe sumar la energía requerida para vencer la fricción resultante del contacto disco-agua.

La resistencia que ofrece el agua al movimiento de los discos se ve incrementada a medida que se desprende la película, la cual pasa a formar parte de los lodos y la biomasa presentes en el líquido, aumentando así su viscosidad.

La energía para imprimir movimiento a los discos puede tomarse principalmente de tres fuentes:

1. El agua: la fuerza hidráulica se utiliza para mover una rueda tipo Pelton, siendo ésta uno de los tipos de energía más económicos; tiene la posible desventaja de no tratar el agua utilizada para imprimir movimiento.
2. El aire: el aire se puede utilizar para mover el sistema y además introducir oxígeno al agua residual. Este sistema se conoce como aerosurf, el cual aumenta la eficiencia pero también aumenta los costos.

3. Electricidad: los motores eléctricos son los sistemas más utilizados para mover los ejes de las plantas de biodiscos por su simplicidad y fácil regulación.

4.2.6 Clarificador secundario. Para complementar el tratamiento de aguas residuales se requiere de un sedimentador secundario que separe la parte sólida de la líquida conformada por los lodos suspendidos del agua tratada. Este sedimentador se ubica al final del sistema de biodiscos.

Buena parte de la eficiencia del proceso se le atribuye al sedimentador secundario ya que el lodo producido en un sistema de biodiscos está conformado por un floc grande con una alta velocidad de asentamiento. Este lodo es fácilmente digerible por su tamaño y conformación, por lo tanto es necesario removerlo porque se puede apelmazar o dilatar, disminuyendo la eficiencia del clarificador.

4.4 MICROBIOLOGIA DEL SISTEMA.

Para entender el funcionamiento de un sistema de discos biológicos es importante conocer la forma, estructura y actividades bioquímicas de los microorganismos.

Reportes de estudios realizados sobre el efecto de la superficie en la actividad microbiana, indican que las bacterias producen un polímero extracelular que les permite adherirse a la superficie y que esta adhesión puede ser permanente o temporal.

Por otra parte, se ha encontrado que la densidad y la morfología de la película biológica, manifestada por las diferentes especies de microorganismos presentes depende de las concentraciones del alimento en el influente. En nuestro proceso la relación alimento/microorganismos, disminuye de la primera a la última etapa, es decir, en la primera etapa es donde se tendrá una mayor concentración de alimento y por lo tanto mayor crecimiento de biomasa. El crecimiento escaso de biomasa en las últimas etapas del sistema se debe al desarrollo de predadores, tales como los protozoarios, rotíferos y nemátodos. En sistemas de película fija, esta predación se considera como uno de los mecanismos de control del espesor de la película biológica.

Distribución de microorganismos en un sistema de dos etapas;

- Primera Etapa: predominan las especies de ciliados.
- Segunda Etapa: además de los ciliados se encuentra la Euglena (*Euglena viridis*) y Ameba (*Entamoeba coli*).

La presencia de ciliados indica la estabilidad del medio y su predominio se debe a que estos requieren menos energía para desarrollar sus funciones alimenticias ya que se reponen más rápido en condiciones anaeróbicas.

Cada tipo de microorganismos tiene sus propias características y habita bajo ciertas condiciones físico-químicas y biológicas; por tal motivo la observación microbiológica es fundamental en la evaluación de un tratamiento biológico ya que esta información puede ser suficiente para detectar la presencia de algún problema y para sugerir una solución.

5. CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño y la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales se basa en ciertos criterios que se han ido obteniendo a través del tiempo con experiencias logradas a nivel piloto y en plantas de tratamiento a escala real.

Actualmente por ser los biodiscos un proceso nuevo no se tienen las suficientes bases para establecer los criterios de diseño a seguir, sin embargo la mayor parte de la literatura tomó como base de diseño el área superficial del disco y eficiencias de remoción de DBO y/o nitrógeno amoniacal.

Algunos criterios que sirven como base para el diseño y operación de una planta de discos biológicos son:

5.1 CARGA HIDRAULICA

La carga hidráulica sobre una unidad de biodiscos es la cantidad de agua residual por día que fluye a través del medio rotatorio (m^3/m^2-d) y se determina a través de la siguiente formulación:

$$L = Q / A$$

Donde:

L: Carga hidráulica (m^3/m^2-d).

Q: Tasa de flujo (m^3/d)

A: Area de los biodiscos (m^2)

Se sugiere que la carga hidráulica sea un parámetro clave de diseño cuando se opera con afluentes de concentraciones pequeñas en términos de DBO soluble.

5.2 CARGA ORGANICA

La carga orgánica se ha establecido como el criterio de diseño más comúnmente utilizado cuando el afluente posee una concentración elevada de DQO o DBO_5 .

La carga orgánica se puede expresar en términos de la tasa a la que se suministra la materia orgánica y se define como la masa de DBO₅ o DQO por unidad de área de disco y por unidad de tiempo (Kg DBO₅ ó DQO/m²-d).

Se destaca la importancia de la carga orgánica en el diseño o en la evaluación del sistema de discos rotatorios, ya que ésta combina tanto la carga hidráulica como la concentración de materia orgánica y además porque este parámetro permite la comparación directa del funcionamiento del sistema, cuando opera bajo diversas condiciones y con diferentes clases de aguas residuales.

El diseño debe estar basado sobre la cantidad de DBO removida por unidad de carga superficial, y además estima que la cantidad de biomasa desarrollada en los biodiscos es directamente proporcional a la DBO del afluyente.

La carga orgánica en biodiscos se representa en la siguiente ecuación:

$$L_s = Q \cdot S_o / A$$

Donde:

Ls: Carga orgánica (Kg DBO - DQO/m²/d)

Q: Tasa de flujo (m³/d)

So: Concentración de sustrato (Kg DQO - DBO/m³)

A: Area de biodiscos m².

5.3 PELICULA BIOLOGICA

La película biológica tiene una notable influencia en la remoción de materia orgánica. La eficiencia en la remoción, depende de la naturaleza de la población microbiana, así como del espesor de la biopelícula. Es imposible obtener un espesor uniforme simultáneamente en todos los discos, ya que el espesor de la biopelícula en cada disco individual decrece gradualmente, a medida que se pasa de la entrada a la salida del reactor.

Gordon al estudiar el comportamiento de la biopelícula es un sistema de biodiscos bajo cargas tóxicas, logró establecer que la película biológica es resistente a cargas tóxicas, aunque en periodos cortos de aplicación, esto debido a que el tiempo de retención es relativamente corto (1-2 horas), lo que da oportunidad a que los materiales tóxicos sean rápidamente lavados y que la eficiencia retorne rápidamente.

5.4 TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO

El tiempo de retención hidráulico se refiere al tiempo que se demora una partícula de agua desde que entra hasta que sale del reactor. Durante este tiempo, el agua residual está sometida al tratamiento secundario, en el cual se suceden reacciones de tipo químico y biológico, tendientes a la estabilización de la materia orgánica. Cuando el tiempo de retención hidráulico es mayor, puede esperarse un efluente de mejor calidad, pero el volumen tratado es menor.

Los tiempos de retención hidráulicos que se utilizan actualmente a escala varían entre 2-20 horas.

5.5 VELOCIDAD DE ROTACION DEL MEDIO

La velocidad de rotación es también un importante criterio de diseño, ya que afecta el tratamiento de las aguas residuales de diferentes maneras. Si la velocidad de rotación es muy alta, el tiempo de contacto de la biomasa con el aire o con el agua es tan bajo que no permite que se sucedan las reacciones para degradar la materia orgánica. Si la velocidad de rotación es muy baja se produce la muerte de los microorganismos por inanición al demorar mucho tiempo en tomar alimento.

Si se incrementa la velocidad de rotación, se incrementa el contacto entre el aire y el líquido, mejorando así la eficiencia. Sin embargo la velocidad de rotación no puede ser incrementada indefinidamente sin causar mayores problemas. Primero la potencia requerida se incrementa exponencialmente con la velocidad de rotación del disco, incrementando los costos. Como segunda medida la excesiva velocidad de rotación crea altas fuerzas de cizallamiento, las cuales contribuyen a interferir con el desarrollo satisfactorio de la biomasa sobre la superficie del disco.

En los sistemas de discos biológicos se ha establecido una relación entre el diámetro del disco y la velocidad rotacional (rpm), a medida en que se incrementa el diámetro se debe disminuir la velocidad de giro con el fin de conservar una velocidad lineal(tangencial) constante, para lo cual la tasa de remoción de DBO es óptimo.

La velocidad tangencial se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = 2\pi RN$$

Donde:

V: Velocidad tangencial, (m/min)

R: Radio del disco, (m)

N: Revolución por minuto, (rpm).

5.6 AREA SUPERFICIAL DEL MEDIO

El oxígeno requerido por la biomasa y por el agua residual para que se produzcan los diferentes procesos tendientes a la reacción de materia orgánica, es proporcionado por la atmósfera a los discos y por la mezcla que se genera al rotar los discos en el agua residual.

La cantidad de oxígeno que se tome de la atmósfera depende del área superficial del medio de contacto y de la velocidad de rotación.

Los biodiscos proporcionan una gran área superficial fija para la película biológica además de permitir un contacto fuerte y uniforme entre la biomasa y el agua residual.

El incremento de la concentración de oxígeno en la biomasa permite su rápida penetración a las partes más profundas de la misma. Esta adsorción tiene lugar en tal cantidad que a pesar de la alta demanda de oxígeno por parte de la biomasa del disco y del volumen líquido, el oxígeno se halla en una cantidad relativamente alta en el agua residual y en el biodisco.

Los discos como medio de contacto se encuentran sumergidos en un 40%, porcentaje utilizado para el diseño de Discos Biológicos Rotatorios.

Con esto se busca que la mayor parte del área esté en contacto tanto con el agua como con el aire, y que además el agua no esté mojando el eje. Se evita así su corrosión y continuo mantenimiento.

5.7 ETAPAS Y ARREGLOS EN EL SISTEMA

Las etapas de un sistema de biodiscos son los compartimientos en los cuales permanece durante el tiempo de retención hidráulico, el agua residual y donde se suceden diferentes procesos. Una razón por la que es conveniente usar etapas sucesivas en el tratamiento, es la de favorecer reacciones cinéticas en aguas residuales con constituyentes variables, permitiendo la asimilación de la población microbiana a las diferentes concentraciones desarrolladas en cada una de las etapas. En la primera etapa la biomasa está expuesta a una concentración de sustrato que corresponde a un tratamiento de alta tasa de remoción. La concentración de la DBO va disminuyendo de etapa en etapa lo que origina una disminución en la tasa de remoción promedio. En un sistema de múltiples etapas la eficiencia es mayor que la de un sistema con una única etapa y para una misma área de contacto.

Sin embargo, se estima que al tener igual número de discos en cada etapa, no se hace un óptimo uso del área superficial de los mismos ya que se ha

observado que la mayor parte de la degradación de la materia orgánica tiene lugar en la primera etapa; por esto es conveniente que su tamaño sea hasta tres (3) veces mayor que el de las etapas posteriores.

5.8 FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO

Existen algunas variables que se considera tienen un efecto significativo en el proceso y que además afectan el funcionamiento del sistema, entre ellas se encuentran: la temperatura, pH, alcalinidad, salinidad y recirculación de lodos.

5.8.1 Temperatura. La temperatura del agua residual y por supuesto del ambiente, afecta el funcionamiento del sistema al igual que otro proceso de tratamiento biológico. Un descenso en la temperatura disminuye la eficiencia del tratamiento.

Temperaturas entre los 13 y 32°C no tienen efecto en el funcionamiento del sistema, sin embargo, la eficiencia generalmente decrece con temperaturas menores de 13°C. A temperaturas mayores de 32°C cambia la diversidad de la población microbiana.

Durante períodos bajos de temperatura es necesario disminuir el flujo de agua residual lo suficiente para mantener la eficiencia del tratamiento.

5.8.2 pH. El proceso del disco biológico funciona de una forma adecuada en un rango de pH de 6.5 a 8.5. Fuera de este intervalo se pueden tener desprendimientos de la película biológica en los discos. Generalmente los desechos domésticos tienen la alcalinidad suficiente para absorber los cambios de pH. Normalmente en los sistemas de discos biológicos tendremos una caída de pH en las primeras etapas, debido a la producción de ácidos orgánicos o puede ser indicativos de una condición limitante de oxígeno disuelto. Por lo tanto la caída de pH en las últimas etapas del sistema se deba a la nitrificación,

Valores de pH bajos (menores de 6.5) inhiben el proceso de nitrificación, favoreciendo el crecimiento de hongos y diatomeas, esto último si el sistema está expuesto al sol.

5.8.3 Alcalinidad. Generalmente los desechos domésticos contienen la suficiente alcalinidad para amortiguar los cambios de pH que sufre el sistema, causados por los procesos químicos y biológicos que se llevan a cabo.

La alcalinidad del agua residual es el medio en el cual las bacterias nitrificantes vierten sus desechos ácidos. La nitrificación puede limitarse por falta de alcalinidad en un desecho y afectar la diversidad de microorganismos del sistema.

5.8.4 Salinidad. Las mayor parte de las aguas residuales no varían mucho en su contenido salino y sus concentraciones normales no causan ningún efecto en el proceso. Sin embargo, las bacterias son repelidas por la superficie del biodisco, si las concentraciones son más bajas de las normales.

5.8.5 Parámetros del reactor que se utilizaron para el presente proyecto.

Caudal $\approx Q$	=	25 ml / min	=	0.18 m ³ / d
Tiempo de retención	=	t = 3 horas	=	10.800 seg.
Volumen del reactor	=	v = 22.5 lt.		
Concentración DBO ₅ estimado	=	200 mg / lt		
Dímetro de cada disco	=	ϕ	=	0.25 mt.
Area de cada disco	=	$A = \pi d^2 / 4$	=	0.05 mt

Area de disco requerida por carga orgánica con remoción estimada del 85%	=	A de Co	=	1.08 m ²
Número de discos	=	N	=	11
Ancho del reactor	=	30 cm		
Largo del reactor	=	50 cm		
Profundidad del agua	=	15 cm		
Separación entre discos primer compartimiento	=	3.5 cm		
Separación entre discos segundo compartimiento	=	4.5 cm		
Espesor del disco	=	E = 2 mm		
Sumergencia	=	40%		
Rotación de los discos	=	2.5 R.P.M.		

6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BIODISCOS

6.1 VENTAJAS DE LOS DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

Entre las ventajas que tienen los discos biológicos rotatorios, se pueden considerar las siguientes:

- Es un sistema de tratamiento a alta tasa, debido a la densidad de la biomasa que se puede mantener sobre la superficie del soporte.
- Puede lograr altos niveles de remoción, con tiempos de retención relativamente cortos.
- Requiere menos espacio para tratar iguales volúmenes de aguas residuales que otros sistemas lo exigen.

- El sistema está bien adaptado al tratamiento de agua residual de poblaciones pequeñas, pero también es aplicable al tratamiento de desechos industriales.
- Tiene gran capacidad para asimilar sobre-cargas orgánicas e hidráulicas.
- Tiene bajos requerimientos de energía.
- Es autorregulable, ya que la biomasa adherida al disco se desprende cuando ha alcanzado cierto espesor, impidiendo que éste aumente en forma indefinida.
- Existe un completo contacto entre la partícula biológica y el agua residual, mientras que en otros sistemas esto no se garantiza.
- Normalmente no requiere recirculación, aunque en ocasiones es conveniente, cuando las cargas orgánicas son muy altas.
- No presenta malos olores, por tratarse de un sistema eminentemente aeróbico.

- El sistema asimila cargas con materiales tóxicos, debido a los tiempos de retención relativamente cortos.
- Se pueden obtener remociones, hasta del 90% de la DBO, además el sistema es eficiente para la nitrificación.
- Se puede garantizar superávit de oxígeno, tanto en la biomasa adherida, como en el agua residual.
- Fácil operación, limpieza y mantenimiento del sistema.

6.2 DESVENTAJAS DE LOS DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

Entre las desventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Los cojinetes y unidades de impulsión requieren frecuente mantenimiento.
- Se debe tener especial cuidado en el diseño del eje, ya que se pueden presentar fallas estructurales o funcionales, como pérdida de capacidad de soporte o grandes deformaciones. Llegando a la situación de que los extremos se toquen entre sí, partiéndose o disminuyéndose el área de

contacto debido a la cantidad de biomasa que pueda quedar atrapada entre los discos.

- **Requiere energía externa para su funcionamiento.**
- **Incertidumbre en el diseño, debido principalmente a la falta de información que existe sobre este sistema, ya que es uno de los más recientes para el tratamiento de aguas residuales.**
- **Los costos de inversión inicial, son altos debido principalmente a la compra de equipos mecánicos.**

7. OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE DISCOS BIOLÓGICOS

Las plantas de tratamiento de discos biológicos son muy fáciles de operar y mantener, sin embargo para obtener buenos resultados (buena calidad del efluente) el operador debe estar consciente de que debe realizar en forma adecuada y regular sus tareas de control del proceso y mantenimiento de los equipos. A su vez el operador debe tener muy en cuenta que el rendimiento del sistema no sólo depende de una buena operación del reactor biológico, sino que debe observar el resto de las unidades especialmente el sedimentador secundario, debido a que el lodo producido en el reactor biológico debe ser separado en el sedimentador a una tasa tal que no produzca condiciones sépticas y evitando diluir demasiado el lodo.

Siendo la operación y el mantenimiento de cualquier sistema una etapa compleja, la cual no es objeto de la investigación de este proyecto, se busca por medio de la Tabla 1 ilustrar una serie de problemas operacionales, sus posibles causas y soluciones recomendadas:

TABLA .1. Guía de Problemas Operacionales y Posibles soluciones.

PROBLEMA	CAUSA PROBLEMA	OBSERVACIONES	SOLUCIONES
1. Disminución de la eficiencia de tratamiento.	- Sobrecarga hidráulica.	- Chequee la carga orgánica pico, si es menos que dos veces la del promedio diario, esta no es la causa.	- Mejore el tratamiento o amplíe la planta.
	- Sobrecarga hidráulica.	- Chequee la carga hidráulica pico. Si es menor que dos veces el promedio diario, esta no es la causa.	- Regulación del flujo. Eliminar fuentes de flujos excesivos, balancear flujos entre los reactores biológicos.
	- pH demasiado alto demasiado bajo.	- Rango deseado entre 6.5 y 8.5 para remoción de DBO. Entre 8 y 8.5 para nitrificación.	- Eliminar fuente indeseables de pH o ajustar pH con ácido base. Para nitrificación, mantenga la alcalinidad 7 veces mayor que el nitrógeno amoniacal, con cal.
	- Baja de Temperatura	- Temperatura a bajo de 13°C reducen la eficiencia.	- Caliente al ambiente interno de las unidades biológicas o el influente de la planta. Si se tiene el espacio aumente las unidades de tratamiento.
2. Desprendimiento de la película biológica.	- Sustancia tóxica en el influente.	- Identifique los tóxicos y su fuente.	- Si se puede elimine los materiales tóxicos. Si no homogenice el flujo para facilitar la aclimatación de la biomasa.

TABLA 1. Guía de problemas operacionales y posibles soluciones.
(Continuación)

	- Variaciones del pH.	- pH abajo de 5 o arriba de 10 ocasiona desprendimiento.	- Elimine la fuente de variación o ajuste al pH con químicos.
3. Crecimiento biológico blanco sobre el área del disco.	- Influyente séptico o alta concentración de H ₂ S en el influente.	- Olor característico en el influente.	- Pre-aireación del agua residual u oxide con nitrato de sodio o peróxido de hidrógeno
	- Sobrecarga orgánica de la primera etapa.	- Chequee la carga orgánica.	- Incremente el área superficial de la primera etapa, removiendo el baffle entre la etapa 1 y 2.
4. Crecimiento biológico negro sobre el área del disco.	- Sobrecarga de DBO ó sólidos.	- Identifique el problema.	- Mismas condiciones que el punto 3.
5. Acumulación de sólidos en el reactor biológico.	- Pre-tratamiento inadecuado.	- Determine si los sólidos son arena o material orgánico.	- Remueva los sólidos del reactor y mejore la remoción de arena o sedimentación primaria.
6. El eje al rotar se recalienta o falla.	- Inadecuado mantenimiento.	- El programa de mantenimiento es practico?	- Lubricar el equipo siguiendo las instrucciones.
7. El motor se recalienta al girar.	Inadecuado mantenimiento. - Polea por alineamiento inadecuado.	- Observe que el nivel de aceite en el reductor de velocidades. - Revisar la polea y el alineamiento.	- Lubricar el equipo siguiendo instrucciones. Alinear correctamente.

8. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISCOS

BIOLOGICOS ROTATORIOS

En este capítulo se muestran cada una de las etapas que hicieron parte de la construcción del modelo experimental así como su funcionamiento. Esto se logra por medio de la descripción de los materiales y equipos que fueron utilizados en el montaje y puesta en marcha del sistema de biodiscos a escala de laboratorio; además se hace una descripción de la metodología empleada en el montaje y puesta en marcha del sistema.

8.1 COMPONENTES DEL SISTEMA

El modelo experimental está conformado por una serie de etapas discriminadas de la siguiente manera. En la FIGURA 4 se muestra un diagrama de flujo del sistema de biodiscos.

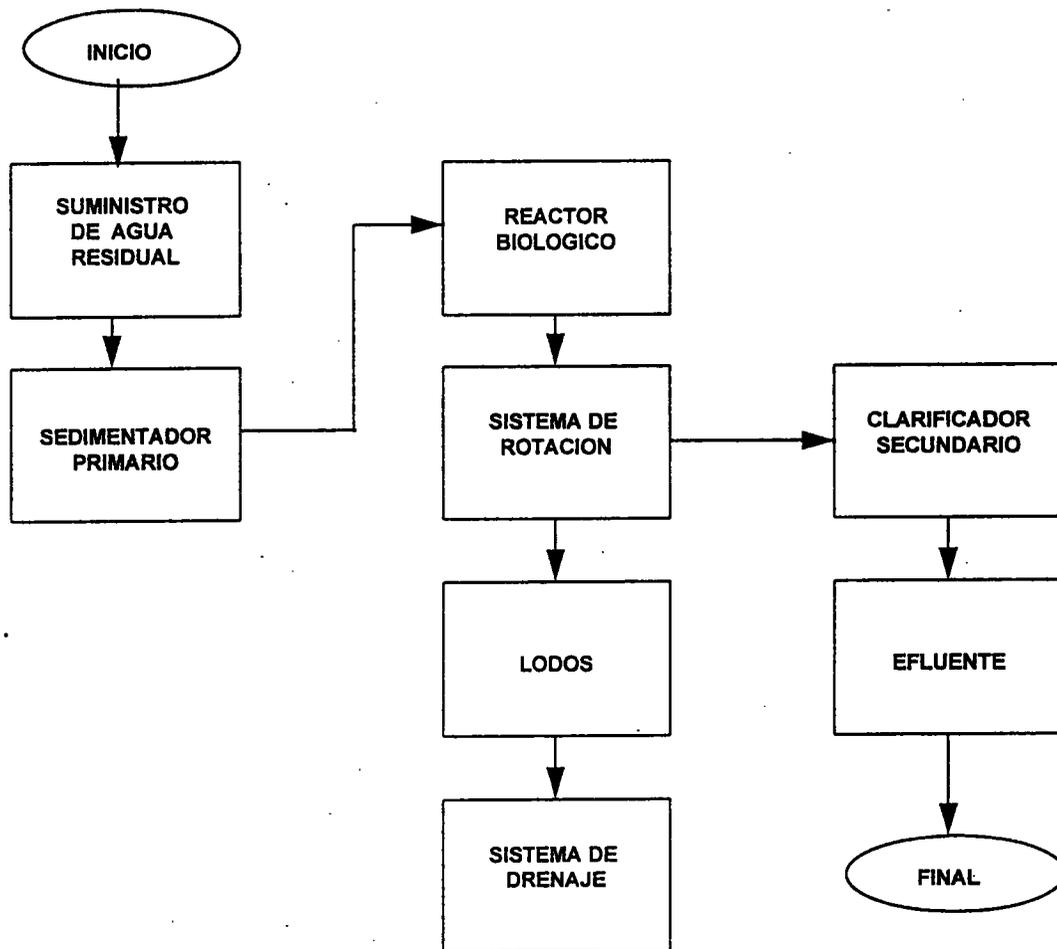


FIGURA 4. Diagrama de flujo del sistema de biodiscos.

8.1.1 Sistema de Alimentación. Está conformado por un recipiente que almacena el agua que va a ser suministrada a todo el sistema de discos biológicos. El volumen de ese recipiente es de aproximadamente 23 L, el cual nos permite cumplir con los requerimientos de cantidad necesarios para realizar pruebas de laboratorio.

Para suministrar el caudal de diseño (125 mL/min) se utilizó una bomba peristáltica, con la cual se logró regular el caudal seleccionado.

El flujo que sale de la bomba es transportado por una manguera que llega al sedimentador primario, ubicada antes del reactor que permite homogenizar el flujo en el reactor.

8.1.2 Sistema de rotación. Este sistema es el encargado de impartir movimiento al conjunto de discos y para los cuales se requieren los siguiente equipos:

8.1.2.1 Motor de velocidad regulada. Es de tipo monofásico, con una potencia de 1/8hp, con un amperaje de 0.9 A., con 90 vatios y una revolución máxima es de 7.000 rpm.

La velocidad de rotación usada fue de 2.5 r.p.m., la cual se logró ajustando el reductor para obtener el número de revoluciones deseadas.

8.1.2.2 Reductor. El reductor usado fue de tipo monofásico Sigma, de 115 voltios y de 5.76 r.p.m , la cual se reduce a través de la utilización de una polea, permitiendo una velocidad de rotación del equipo de 2.5 r.p.m.

8.1.2.3 Eje. Se diseñó de tal forma que se deformara lo menos posible para evitar los posibles problemas de excentricidad que se pudieran presentar, lo cual perjudicaría el funcionamiento del motor y causaría el desajuste del sistema por las vibraciones que se pudieran producir.

El eje seleccionado es de acero inoxidable con un diámetro $\frac{1}{2}$ pulgada.

El material del eje debe ser resistente a la corrosión, debido a que permanece en un ambiente húmedo y ocasionalmente entra en contacto con la biomasa que se desprende de los discos.

8.1.2.4 Soportes. El eje se apoya sobre dos chumaceras de $\frac{1}{2}$ pulgada cada una, las cuales mantienen al eje en su sitio, soportadas por medio de tornillos prisioneros, al tiempo que permiten que gire con menor resistencia al rozamiento.

Las chumaceras se encuentran aseguradas por unos soportes, los cuales están empotrados a una bases de madera sujetas a la mesa de trabajo, permitiendo lograr los niveles de sumergencia proyectados en el diseño.

8.1.3 Reactor. El reactor fue construido en acrílico, de 5 mm de espesor, se dividió en dos (2) cámaras, las cuales se pueden observar en el anexo1, donde además se ilustran las dimensiones del sedimentador primario, los módulos de tratamiento biológico y el clarificador secundario que sirve para recibir el agua tratada.

Este último clarificador secundario posee un orificio en la parte superior, por el cual se recoge el sobrenadante del efluente tratado y otro orificio para desaguar los lodos que se depositen en ella.

El ancho del reactor es de aproximadamente 60 cm mayor al diámetro de los discos, buscando con esto que todo el agua tratada entre en contacto con los discos en cada una de las etapas.

Las separaciones fueron colocadas de tal forma que cada partícula de agua pasará por el centro de cada una de éstas para lograr garantizar el tiempo de retención hidráulico del agua residual en cada etapa y en todo el reactor.

En cada etapa se colocaron un número determinado de discos fabricados en acrílico. Se escogieron estos discos por la rigidez que presentan, por lo inerte del material ante aguas abrasivas y por no ser tóxicos para los microorganismos que actúan en la remoción de la materia orgánica. Con el

fin de obtener una mayor área de contacto y una mejor adherencia de la biopelícula, se le impregnó barnis, para luego agregarle arenilla, proporcionando al disco una textura rugosa, lo cual permite la fácil adherencia de la biomasa a éstos.

El espesor de cada disco es de aproximadamente 2.5 mm, separados entre sí por 3.5 cm en la primera etapa y en la segunda por 4.5 cm, los cuales se encuentran sujetos al eje por medio de bujes de 1/2" fabricados en un material sintético denominado Empack con una longitud de 35 mm y 45 mm respectivamente, que sujetan tanto a los discos como al eje.

Esta separación permite que la película biológica se desarrolle libremente sobre cada cara del disco y que además al desprenderse no se colmate e impida el paso del agua y del aire.

En la etapa TABLA 2 se muestra el número de discos que posee cada etapa y su área de contacto.

TABLA 2 Número de discos y áreas correspondientes por cada etapa.

ETAPAS	NUMERO DE DISCOS	AREA DE CONTACTO (M²)
1	7	0.35
2	4	0.20
TOTAL		

8.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Estudiados los factores que controlan la operación del sistema se seleccionaron unos parámetros, los cuales se mantuvieron constantes durante la fase de construcción y diseño. Estos se ilustran en la Tabla 3.

TABLA 3 Parámetros de Diseño

PARAMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
Caudal (Q)	25	Ml
Tiempo teórico de retención (To).	4	Hr
Volumen real del reactor (Ve)	30	Lt.
Diámetro de los discos (ϕ)	25	Cm
Espacios entre discos	3.5 y 4.5	
Area de contacto	0.75	m ²
Porcentaje de sumergencia	40	%
Número de etapas	2	#
Velocidad de rotación	2.5	r.p.m

**9. NORMAS SOBRE VERTIMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES**

Decreto 1594 de 1984

Capítulo 1

DEFINICIONES

ARTICULO 1. Cuando quiera que el presente Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

ARTICULO 2. La sigla EMAR utilizada en el presente decreto, corresponde a: ENTIDAD ENCARGADA DEL MANEJO Y ADMINISTRACION DEL RECURSO.

ARTICULO 6. Entiéndase por VERTIMIENTO LIQUIDO cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

ARTICULO 10. Entiéndase por ZONA DE MEZCLA, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

ARTICULO 12. Denomínase LODO a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

ARTICULO 13. Denomínase CONCENTRACION de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

ARTICULO 14. Denomínase CARGA al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

ARTICULO 15. Denomínase BIOENSAYO ACUATICO al procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se usan para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

ARTICULO 16. Denominase TOXICIDAD la propiedad que tiene una sustancia ,elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

CAPITULO VI

DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS

ARTICULO 61. Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de aguas naturales, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

ARTICULO 63. Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que impidan los usos actuales o potenciales.

ARTICULO 66. Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso.

En los tramos en donde se asignen usos múltiples, las normas de vertimiento se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso.

ARTICULO 67. Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

ARTICULO 70. Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistema de tratamiento de agua o equipos de control de contaminación ambiental y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

ARTICULO 72. Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

TABLA. 4 . Normas sobre vertimiento de aguas.

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	≤ 40 ° C	≤ 40 ° C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción ≥ 80 % en carga	Remoción ≥ 80 % en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción ≥50 % en carga	Remoción ≥ 80 % en carga
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO		
Para desechos domésticos	Remoción ≥50 % en carga	Remoción ≥50 % en carga
Para desechos industriales	Remoción ≥50 % en carga	Remoción ≥50 % en carga

Carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

ARTICULO 73. Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

TABLA 5. Normas sobre vertimientos de alcantarillado público

REFERENCIA		VALOR
pH		5 a 9 unidades
Temperatura		$\leq 40^{\circ} \text{C}$
Acidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables		Ausentes
Sólidos sedimentables		$\leq 10 \text{ ml/l}$
Sustancias solubles en hexano		$\leq 100 \text{ mg/l}$
	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
Sólidos suspendidos para desechos domésticos e industriales	Remoción $\geq 50\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga

**TABLA 5. Normas sobre vertimiento de alcantarillado público.
(Continuación)**

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO		
Para desechos domésticos	Remoción ≥50 % en carga	Remoción ≥50 % en carga
Para desechos industriales	Remoción ≥50 % en carga	Remoción ≥50 % en carga
Caudal máximo	1.5 veces el caudal promedio horario	

ARTICULO 75. La carga de control de vertimiento que contenga las sustancias de que trata el artículo anterior , se calculará mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$A = (Q) (CDC) (0.0864)$$

$$B = (Q) (CV) (0.0864)$$

A: Carga de control, kg/día

Q: Caudal promedio del vertimiento, l/seg

B: Carga en vertimiento kg/día

CDC: Concentración de control, mg/l

CV: Concentración en el vertimiento, mg/l

0.0864: Factor de conversión.

ARTICULO 76. Cuando la carga real en el vertimiento sea mayor que la carga máxima permisible (CMP), aquella se deberá reducir en condiciones que no sobrepase la carga máxima permisible.

ARTICULO 78. El control del pH, Temperatura (T), Material Flotante, Sólidos Sedimentables, Caudal y sustancia solubles en hexano, en el vertimiento, se hará con base en unidades y en concentración. El de los sólidos suspendidos y el de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, con base en la carga máxima permisible (CMP) de acuerdo con las regulaciones que establezca la EMAR.

ARTICULO 84. Los residuos líquidos provenientes de usuarios tales como hospitales, lavanderías, laboratorios, clínicas, mataderos, así como los provenientes de preparación y utilización de agroquímicos, garrapaticidas y similares, deberán ser sometidos a tratamiento especial, de acuerdo con las disposiciones del presente Decreto y aquellas que en el desarrollo del mismo o con fundamento en la Ley establezcan el Ministerio de Salud y la EMAR.

ARTICULO 86. Toda edificación , concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, turístico o industrial localizado fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de sistemas de recolección y tratamiento de residuos líquidos conforme a las normas especiales que para cada caso señalen el Ministerio de Salud y la EMAR correspondiente.

ARTICULO 88. Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte. Dichos sistemas deberán cumplir con las normas de vertimiento.

ARTICULO 91. No se admite ningún tipo de vertimiento:

- a) En las cabeceras de las fuentes de agua;
- b) En un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará, en cada caso, la EMAR conjuntamente con el Ministerio de Salud.
- c) En aquellos cuerpos de agua que la EMAR y el Ministerio de Salud, total o parcialmente declaren especialmente protegidos.

ARTICULO 97. El Ministerio de Salud o la EMAR podrán prohibir el vertimiento de residuos líquidos que ocasionen altos riesgos para la salud o

para los recursos hidrobiológicos, o exigir la ejecución de un programa de control de emergencia.

CAPITULO VII

DE LOS REGISTROS DE LOS VERTIMIENTOS

ARTICULO 98. Los usuarios que de conformidad con este Decreto y demás disposiciones sobre la materia, deban solicitar concesiones de agua y que produzcan vertimientos, deberán registrar estos vertimientos ante la EMAR correspondiente dentro del plazo que ésta señale.

CAPITULO VIII

DE LA OBTENCION DE LOS PERMISOS DE VERTIMIENTO

Y DE LOS PLANES DE CUMPLIMIENTO

PARA USUARIOS EXISTENTES

ARTICULO 113. Las personas naturales o jurídicas que recolecten, transporten y dispongan residuos líquidos provenientes de terceros, deberán cumplir con las normas de vertimiento y obtener el permiso correspondiente. El generador de los residuos líquidos no queda eximido de la presente disposición y deberá responder conjunta y solidariamente con las personas naturales o jurídicas que efectúen las acciones referidas.

PARAGRAFO. El ministerio de Salud y las EMAR fijarán al usuario, en cada caso, los requisitos y condiciones necesarios para la obtención de respectivo permiso de vertimiento a que hace referencia este artículo.

ARTICULO 117. Toda modificación ya sea en el proceso de producción o en el sistema de tratamiento, por parte de un usuario, que incida sobre el vertimiento, deberá ser sometida a aprobación previa por parte de la EMAR.

ARTICULO 120. Los siguientes usuarios, entre otros, también deberán obtener los permisos de vertimiento y autorizaciones sanitarias correspondientes:

- a) Todas las municipalidades;
- b) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes no puntuales;
- c) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes del lavado de instalaciones y naves aéreas de fumigación;
- d) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de disposición final de residuos sólidos;
- e) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de puertos aéreos, marítimos, fluviales y lacustres, así como de clubes náuticos;

- f) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes de cuarteles y bases de las fuerzas militares que no están conectados a la red de alcantarillado público;
- g) Los responsables de vertimientos líquidos provenientes del almacenamiento de materias primas;
- h) Las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, que recolecten, transporten, traten o dispongan residuos líquidos provenientes de terceros.

CAPITULO X

DE LAS AUTORIZACIONES SANITARIAS

DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 133. En situaciones de alto riesgo para la salud humana ocasionadas por vertimientos el Ministerio de Salud o su entidad delegada podrán solicitar a la EMAR que requiera a los usuarios para que se registren y obtengan los permisos y autorizaciones a que haya lugar.

ARTICULO 134. En los casos a que se refiere el artículo anterior, si transcurridos 3 meses contados a partir de la solicitud hecha por el Ministerio de Salud o por su entidad delegada, sin que se haya efectuado el registro e

indicado los demás trámites, éstos podrán requerir directamente al usuario y fijarle las normas de vertimiento que debe cumplir.

ARTICULO 135. Las Autorizaciones Sanitarias - Parte Agua, expedidas por el Ministerio de Salud, tendrán una vigencia que comprenda la del Permiso respectivo y 6 meses adicionales. Si la autorización es consecuencia de un Permiso de Instalación o Provisional, tendrá una vigencia igual a la de éstos y 60 días adicionales.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA - CVC

ACUERDO No 14 DEL 23 DE NOVIEMBRE DE 1976

"POR EL CUAL SE DICTAN LAS NORMAS SOBRE EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL RIO CAUCA DENTRO DEL TERRITORIO DE JURISDICCION DE LA CVC".

El Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional del Cauca CVC en uso de las atribuciones legales conferidas en los Decretos Leyes Nos 1707 de 1960, 22420 y 3120 de 1968 2811 de 1974, así como las del Decreto 737 de Abril de 1971, y

CONSIDERANDO

Que el gobierno Nacional por medio del Decreto 3120 de 1968 asignó a la CVC las funciones atribuidas al Inderena en el Artículo 23 del Decreto Ley 2420 de 1968, entre los cuales se encuentran la reglamentación, administración, conservación y fomento de los recursos naturales en los aspectos de pesca fluvial y lacustre, aguas superficiales y subterráneas, suelos, bosques, fauna y flora silvestre, así como la protección de las aguas contra la contaminación.

Que la Corporación en desarrollo de sus facultades legales ha llevado a cabo exhaustivos estudios sobre la calidad actual de las aguas bajo su jurisdicción, llegándose a la conclusión de que todo el vertimiento de aguas negras y residuos industriales tiene que ser sometido a reglamentación y control.

Que en el Código Sanitario Nacional se ha dispuesto que todas las aguas negras e industriales deberán ser tratadas o purificadas, preceptuándose además que las aguas tratadas no podrán ser vertidas a corrientes o depósitos de aguas de uso público, sin previo permiso de la autoridad competente siempre y cuando su calidad no presente amenazas contra la salud de las personas.

Que es necesario y conveniente garantizar a la comunidad la calidad del agua para el consumo así como a las industrias establecidas para sus diversos usos.

Que para poder controlar que los vertimientos no causen perjuicios, se deben fijar las calidades mínimas de las aguas en las distintas corrientes, así como establecer las normas que hagan posible la conservación de dichos límites.

Que los estudios efectuados por la Corporación, le permiten adoptar las medidas indispensables para el eficaz control de vertimientos, lo cual constituye una necesidad imperiosa e inaplazable.

ACUERDA

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

ARTICULO TERCERO. La CVC dentro del territorio de su jurisdicción tendrá a su cargo el otorgamiento de permisos de descarga de aguas residuales, la aprobación de los proyectos de instalaciones de control a fin de que se cumplan los requisitos de calidad de que se habla más adelante, la vigilancia de obras de éste respecto y el control del funcionamiento adecuado de las

mismas. Además efectuará un muestreo constante de las aguas de uso público de la cuenca.

CAPITULO III

MECANISMO DE CONTROL

ARTICULO SEXTO. A partir de la fecha de expedición del presente Acuerdo, todas las descargas de aguas residuales, provenientes de núcleos poblados, industriales, riegos, alcantarillados municipales o de cualquier Entidad Pública o Privada, deberán ser identificadas inicialmente en condiciones promedio cualitativa y cuantitativamente mediante la inscripción en el registro correspondiente ante la División de Aguas de la CVC.

Sin embargo esta entidad podrá indicar los parámetros a medir y sus particularidades de medición o efectuar directamente la identificación.

ARTICULO SEPTIMO. A partir de la fecha de este acuerdo, cualquier nueva descarga de aguas residuales en la cuenca del Río Cauca dentro de la jurisdicción de la CVC, requerirá la correspondiente autorización de esta Entidad.

CAPITULO IV

CONTROL DE EFLUENTES

ARTICULO DECIMO TERCERO. De acuerdo a los estudios realizados para alcanzar los índices fijados, deberán reducirse las cargas contaminantes debidas a desechos domésticos e industriales, de acuerdo a lo indicado en los artículos siguientes.

PARAGRAFO. En adelante se llamará tratamiento preliminar, el que permite reducir flotantes y arenas con una eficiencia del 80 % como mínimo.

Tratamiento primario, el que permite una remoción del 50 % de los sólidos suspendidos y del 35 % en demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).

Tratamiento secundario, el que permite una remoción del 90% en sólidos suspendidos y del 85% en demanda bioquímica de oxígeno.

Los porcentajes o eficiencias de remoción que se especifican, serán determinados en base a la masa del contaminante removido en el año especificado.

ARTICULO DECIMO CUARTO. Las Empresas Municipales de Cali concentrarán sus descargas de aguas residuales en lugares apropiados y efectuará los siguientes tratamientos:

a) Tratamiento preliminar

b) Tratamiento primario

c) Tratamiento secundario

Los tratamientos anteriores se harán para la totalidad de las aguas residuales, tanto domésticas como industriales que se recolecten.

PARAGRAFO. Los sólidos removidos en los tratamientos anteriores indicados, no podrán verterse a las corrientes superficiales o inyectarse al subsuelo.

ARTICULO VIGESIMO CUARTO. El diseño y los planos de toda clase de obras destinadas al tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, deberán ser sometidas a la aprobación de la División de Aguas de la CVC.

ARTICULO VIGESIMO QUINTO. La construcción, operación y mantenimiento de las obras de que trata el artículo 24 estarán sometidas a la supervisión de la División de Aguas de la CVC, la cual podrá exigir las actuaciones que correspondan al adecuado tratamiento de las aguas residuales y ejercer la supervisión de que se trata en forma permanente.

10. OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

10.1 TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

El objetivo de un tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de Sólidos Suspendidos. En el tratamiento secundario las reacciones naturales son aceleradas para facilitar la descomposición de los contaminantes orgánicos en períodos cortos de tiempo. Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de DBO y los SS.

En este tratamiento los compuestos orgánicos son degradados cuando se proporcionan condiciones ambientales apropiadas. El principal problema radica en tener una gran cantidad de microorganismos tales como bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, etc., que entran en estrecho contacto con la materia orgánica, la cual es utilizada como su alimento. Los microorganismos convierten entonces la materia orgánica biológicamente

degradable en CO_2 y H_2O y nuevo material celular; los compuestos orgánicos constituyen de este modo el alimento básico de los microorganismos.

10.1.1 Lodos Activados. Este es un tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de Aguas Residuales y lodos biológicos es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos son devueltos al tanque de aireación en la cantidad que sea necesaria. En este sistema las bacterias utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblar los compuestos orgánicos que a su vez son utilizados para su crecimiento. A medida que los microorganismos crecen y son mezclados en el tanque de aireación, se aglutinan y forman una masa activa de microorganismos llamada "lodo activado". La mezcla de lodo activado y aguas residuales en el tanque es llamada licor mezclado, la cual fluye a un tanque de sedimentación secundario en donde se sedimentan los lodos activados. Los efluentes del sedimentador secundario pueden ser descargados a una corriente receptora o ser sometidos a tratamientos adicionales; parte de estos lodos son retornados al tanque de aireación con el fin de mantener una población bacteriana alta de modo que permita una oxidación rápida de la materia orgánica y el resto es sometido a tratamientos más avanzados para lograr una disposición final adecuada.

10.1.1.2 Filtros Percoladores. Consisten en un lecho de material grueso, compuesto en su gran mayoría por los cascotes de piedras o materiales sintéticos de diversas formas, sobre los cuales son aplicadas las aguas. Alrededor de este lecho fijo se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque. Después de cierto tiempo, la capa bacteriana adquiere un espesor y se desprende del lecho de piedras para pasar luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados.

Los lechos originales fueron de piedra pero hoy en día están siendo reemplazados por módulos corrugados de material sintético, más liviano y con una superficie de contacto mucho mayor. Para evitar que la población bacteriana presente en el lecho, muera o disminuya en las horas de la noche cuando el flujo de agua residual es muy bajo, se acostumbra recircular los efluentes del clarificador secundario, lográndose al mismo tiempo un efluente de mejor calidad.

Entre las limitaciones del sistema, tenemos su poca efectividad para tratar cargas orgánicas demasiado elevadas, las cuales producen atascamiento de los espacios libres del lecho por exceso de crecimiento bacteriano. Como

ventaja el sistema presenta fácil operación y flexibilidad para recibir cargas orgánicas variables durante el día.

10.1.1.3. Lagunas de Estabilización. Son estanques grandes de poca profundidad diseñados para tratar las aguas residuales a través de una relación entre la luz del sol, algas, oxígeno y bacterias.

Son de poca profundidad, aproximadamente entre 0.6 y 1.5 m, casi totalmente aeróbicas con una pequeña fracción anaeróbica cerca del fondo, en donde hay formaciones de lodos.

En la capa superior de la laguna se forma una gran población algal que toma la luz del sol, el dióxido de carbono y otros compuestos inorgánicos liberados por acción bacterial en la laguna para producir el oxígeno necesario para que las bacterias efectúen la descomposición de la materia orgánica, estableciéndose un ciclo de energía solar, CO₂, algas, oxígeno y bacterias.

Cuando la luz solar no es suficiente o no puede penetrar demasiado en la laguna, el suministro de oxígeno por parte de las algas disminuye y las condiciones se pueden tornar anaeróbicas.

Entre las ventajas de las lagunas de estabilización se presenta su fácil operación y construcción, además de la ausencia de equipos mecánicos complejos para mantenerlas; otra es la falta de mantenimiento, debido a su fácil operación, convirtiéndolas en estanques cubiertos de maleza. Como desventaja se pueden citar las grandes extensiones de tierra requeridas, que pueden hacer este sistema prohibitivo en ciudades en donde el valor de la tierra es muy alto.

10.1.1.4 Filtro Anaeróbico. Es una unidad de tratamiento de aguas residuales, con bacterias anaeróbicas y por ello no requiere de oxígeno por la degradación de la materia orgánica, ya que las bacterias utilizan los iones orgánicos presentes.

El filtro está constituido por un tanque, con un medio filtrante y vacío en el medio que puede ser de diferentes materiales como plástico, fibra de vidrio, piedras de río o triturados, en donde se desarrollan las bacterias anaeróbicas, las cuales degradan la materia orgánica.

La operación y mantenimiento es mínima; debe evitarse el paso de material grueso al filtro. En un periodo de uno a dos años, según se verifiquen cambios en la velocidad del afluente se realiza un autolavado para extraer lodos del sistema.

10.1.1.5 Zanjas de Oxidación. Una variación de un sistema de lodos activados convencional lo constituye la zanja de oxidación, en la que el oxígeno requerido para llevar a cabo la oxidación biológica es suministrado por medio de aireadores superficiales colocados sobre un canal alargado y cerrado a través del cual fluyen las AR.

10.1.1.6 Sistema UASB. Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process, es un tratamiento de aguas residuales, que utiliza el proceso biológico anaeróbico que no es más que la degradación de la materia orgánica por microorganismos que trabajan en ausencia de oxígeno, convirtiéndola en material orgánico estabilizado y biogas.

El proceso se realiza en un reactor de flujo ascendente, es decir, el desecho es suministrado por el fondo del reactor y a medida que sube se van desarrollando diferentes estados de degradación biológica, siendo después recolectada por la parte superior. El reactor posee dos compartimentos bien definidos que son el de Digestión donde se desarrolla el manto de lodos y el de Sedimentación, en donde se lleva a cabo este mismo proceso.

11. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA OPERACION DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLOGICOS ROTATORIOS

El proyecto se inicio con la recolección de información a través de entrevistas personales con expertos, fortalecidas posteriormente con el estudio y análisis de material bibliográfico y la observación periódica de un modelo experimental.

Con la recopilación de esta información se inicia el proceso de su clasificación para la delimitación y definición del contenido objeto del proyecto. Con todo este paquete informativo se procede a desarrollar el proyecto tanto en su aspecto teórico cómo en el diseño y construcción del sistema a escala para el laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente, para llevar a cabo este propósito se contó con la asesoría de personal calificado, que apoyó el proceso de determinación de las dimensiones, especificaciones técnicas que ofrecieron las mismas garantías de funcionamiento del sistema a escala real tomado como base para el desarrollo del presente proyecto.

Con las especificaciones de diseño determinadas se procedió a la construcción y montaje del prototipo a escala y finalmente se realizaron las pruebas de operación para verificar su adecuado funcionamiento. Como complemento de la propuesta, se desarrollo un video ilustrativo que contiene los aspectos fundamentales para la operación y puesta en marcha del sistema, el cual se aprovechará con fines educativos.

RESULTADOS

Para la construcción del sistema de biodiscos fué necesario utilizar materiales que permitan visualizar tanto su funcionamiento mecánico como hidráulico, donde se determinó el uso de tubería y accesorios de fácil desacople para efectos de mantenimiento y reubicación del montaje.

Culminada la construcción de sistema se procedió a realizar las respectivas pruebas que garantizaran el buen funcionamiento de éste, iniciándose con la prueba de fintración al reactor y sedimentador en la que se observó resultados positivos ya que no se presentaron escapes de agua por ninguno de los acoples y drenajes de éstos. Se sometió el motorreductor a un tiempo de funcionamiento de 15 horas continuas, durante el cual sólo se detectó calentamiento en su estructura externa, considerándose éste como un factor normal ocasionado por el flujo de corriente que pasa a través de él. En cuanto a la bomba, no se presentó ningún inconveniente ya que fué fácil su

adecuación a las condiciones de trabajo requeridas, al observar que el caudal de entrada es igual al de salida, demostrándose que el caudal que recorre todo el sistema no sufre represamiento.

Con el fin de simplificar la descripción del funcionamiento y ejecución del sistema se describe a continuación un procedimiento general de operación del tratamiento de aguas residuales, denominado discos biológicos rotatorios..

1. En primera instancia uno de los fundamentos principales de este sistema es la rotación de los discos, la cual permite que al entrar en contacto con el agua los microorganismos tomen el alimento del líquido y al salir al aire tomen el oxígeno necesario para lograr una completa estabilización de la materia bajo condiciones aeróbica.

2. Se inicia con un prelistamiento de todo el sistema en su orden lógico:

- Sedimentador Primario: Verificar que éste se encuentre ubicado a la altura establecida en su diseño, además de tener en cuenta que los acoples de las mangueras de entrada, salida, reboce y desague se encuentren ajustados.

- Reactor: Verificar que la transmisión mecánica motor-eje esté bien acoplado, para que se pueda producir la rotación continua a los discos. Además se revisa que los discos se encuentren espaciados y ajustados al eje de acuerdo a su diseño inicial.

 - Clarificado Secundario: Observar que los acoples de las mangueras de entrada, salida, reboce y desague estén ajustados.

 - Bomba: Verificar que se encuentre en perfecto funcionamiento y debidamente acoplada.
3. Se procede a llenar con agua todo el sistema, (sedimentador primario, reactor, clarificador secundario y tanque recolector), de tal forma que el nivel del agua en el reactor sea el especificado. También se procede a cebar la bomba, que consiste en depositar agua al rotor de la bomba para que al encenderla no arranque en vacío.

 4. A continuación se debe prender el motor eléctrico para impartirle movimiento a los discos.

 5. Luego se enciende la bomba para darle el impulso al agua, ya que en este sistema el agua fluye en ciclo cerrado.

6. Una vez el sistema comience a funcionar, se debe verificar que el caudal especificado sea similar o igual, al caudal de bombeo. Esta medición se puede realizar con una probeta y un cronómetro a la salida del reactor.

7. Para las prácticas del Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente el sistema no trabajará en ciclo cerrado. Para ello se debe acondicionar, instalando un recipiente que contenga agua residual doméstica de un volumen aproximado para un funcionamiento continuo del sistema de un día.

Después de este recipiente se ubicará la bomba que succionará el agua residual y la llevará al primer sedimentador; luego del sedimentador va al reactor y de éste al clarificador secundario funcionando éstos en forma libre, es decir, a gravedad; a la salida del clarificador el agua debe dirigirse a un desague o sifón.

8. Una vez el sistema esté funcionando después de transcurrido un tiempo corto, donde el agua residual ya ha hecho contacto con los discos se procederá a realizar los análisis de agua tanto a la entrada como a la salida de cada una de las unidades para determinar la eficiencia del sistema.

Estos análisis y estudios se proponen como prácticas para el Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente que serán desarrollados por los futuros estudiantes de Ingeniería Industrial.

A continuación se hace una descripción de los costos incurridos para el montaje y fabricación del Sistema de Discos Biológicos Rotatorios.

TABLA 6. Estimación de costos de fabricación del sistema de discos biológicos rotatorios.

DESCRIPCION MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. Reactor en acrílico	1	m ²	120.000	120.000
2. Clarificador primario	1	m ²	20.000	20.000
3. Clarificador secundario	1	m ²	30.000	30.000
4. Discos en acrílico de 2 mm de espesor	11	m	7.000	77.000
5. Eje en acero inoxidable de 1/2"	1	m	5.000	5.000
6. Material Empack N de 2 3/4"	1	pie	29.327	29.327
7. Motobomba 8559700b6 periférica 0.5 hp rotor en bronce.	1		78.000	78.000
8. Válvula de pie vm 0.25 de ø1"	1		5.400	5.400
9. Chumaceras de 1/2"	2		9.000	18.000
10. Motorreductor	1		45.000	45.000
11. Platinas de aluminio de 1/8 x 1 1/2"	4	m	2.350	9.400
12. Tornillería en general			14.000	14.000
13. Acoples y mangueras			25.000	25.000
14. Accesorios y tubería PVC			15.000	15.000
15. Mesa y soportes en madera			25.000	25.000
16. Varnis 1 1/16"	1		1.000	1.000

TABLA 6. Estimación de costos de fabricación del sistema de discos biológicos rotatorios. (Continuación)

DESCRIPCION MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
17. Válvula de bola de 1/2"	2		3.500	7.000
18. Accesorios eléctricos			10.000	10.000
19. Tarro para depósito de agua	1		3.000	3.000
20. Polea de 1/8"	1		2.500	2.500
TOTAL				539.627

COSTO DE MATERIALES	\$539.627.00
COSTO MANO DE OBRA	100.000.00
OTROS GASTOS	<u>50.000.00</u>
TOTAL	\$689.627.00

COSTO TOTAL APROXIMADO DEL PROYECTO \$689.627.00

12. CONCLUSIONES

1. Como resultado de las observaciones de los sistemas de discos biológicos rotatorios implementados en diferentes instituciones como Acuavalle, Universidad del Valle y Emcali, se observó que el sistema es realmente eficiente por la alta remoción orgánica que efectúa en el agua residual además de la flexibilidad del sistema a adaptarse a cambios en los parámetros de diseño establecidos, como es el caso de la velocidad de rotación del eje que permite la formación de la película microbiana. Esta velocidad puede variarse de acuerdo a la necesidad de remoción de materia orgánica del agua residual.

2. A pesar de que la inversión inicial que debe realizarse para el montaje del sistema de biodiscos es elevada comparada con otros sistemas, su costo se ve compensado por la efectividad que tiene el sistema sobre el agua residual sometida a este tratamiento, además del bajo costo de mantenimiento que éste implica.

3. La implementación de este sistema en el Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Occidente permitirá que se efectúen prácticas de laboratorio que ayudarán a los estudiantes a determinar los tipos de microorganismos presentes en el agua residual al igual que el grado de impureza en que ésta se encuentre.

4. En el momento de realizar el ensamble de los elementos que conforman el sistema se debe verificar que todos los acoples, mecanismos de rotación (poleas y motor) y medidas de longitud y volumen sean precisos para óptimos resultados en el agua residual tratada con este sistema.

5. Debido a la alta remoción de materia orgánica que produce este sistema a las aguas residuales, se presenta la posibilidad de disminuir en bajo porcentaje el costo de potabilización de la misma, que es realizada por entidades dedicadas a este tipo de actividades.

6. El mantenimiento del sistema realizado es de fácil ejecución, ya que permite a través de drenajes lavar el sedimentador y reactor. La lubricación está referida únicamente a sistemas de rotación como chumaceras y bomba.

13. RECOMENDACIONES

- 1. El mantenimiento del sistema debe hacerse con agua a presión, de manera que los discos queden libres de la biomasa adherida a ellos.**
- 2. El biodisco debe mantenerse en una zona abierta para evitar las condiciones anaeróbicas del sistema, que causa los malos olores.**
- 3. El flujo de agua residual que entra al biodisco debe ser constante para lograr el equilibrio orgánico del sistema.**
- 4. El mantenimiento mecánico del sistema debe realizarse con periodicidad para mantener una rotación constante de los discos y garantizar la formación de la biopelícula.**

BIBLIOGRAFIA

ANTONIE, Ronal L.. Design criterio for application of the etating biological contactor to domestic and industrial wastewater teatment Liege, Blegium. 1978.

AVILA GOMEZ, Orlando/RAMIREZ SARMIENTO,William. Diseño, contrucción, montaje y puesta en marcha de un sistema de discos biológicos rotatorios a escala de laboratorio. Trabajo ganador del premio Worthigton, categoria estudiantes.

BORCHARDT, J.A.. Nitrification of Secondary Municipal Waste Effluent by Rotating Biodisk. The University of Michigan. Ann Arbor, Mich., June 1978.

CELEITA CASTILLO, Nelson. Diseño de un sistema de tratamiento piloto de aguas negras residuales. Acuavalle 1972.

CLARK, J.W., ETHAN, M. Moseng, Tokashi, Asano. Performance of a rotating biological contactor under wastewater flow. Water pollution control federation. 1978.

CONNAGAY, B. H. and ANDREWS, J.F.. Kinetics of Finefilm biological reactors. Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol 10, R 460, 1968.

DE RENZO, D.J. Pollution control technology for industrial wastewater. Notes data corporation. 1981

ECKENFELDER W.W.. Principles of water quality management. C.B.R. Publishing Company. Boston 1980.

FORMULARO, J.A.. Application of Mass Transfer to Rotating Biological Treatment. Journal of the Water Pollutin Control Federation, Vol 50, 1978.

FRIEDMAN, A.A.. Effect of disk rotational speed on biological contactor efficiency. Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol 51, No 11, 1979.

GORDON J, Iggleden. Rotating biological contactor. Chemstryand Industry, 1981.

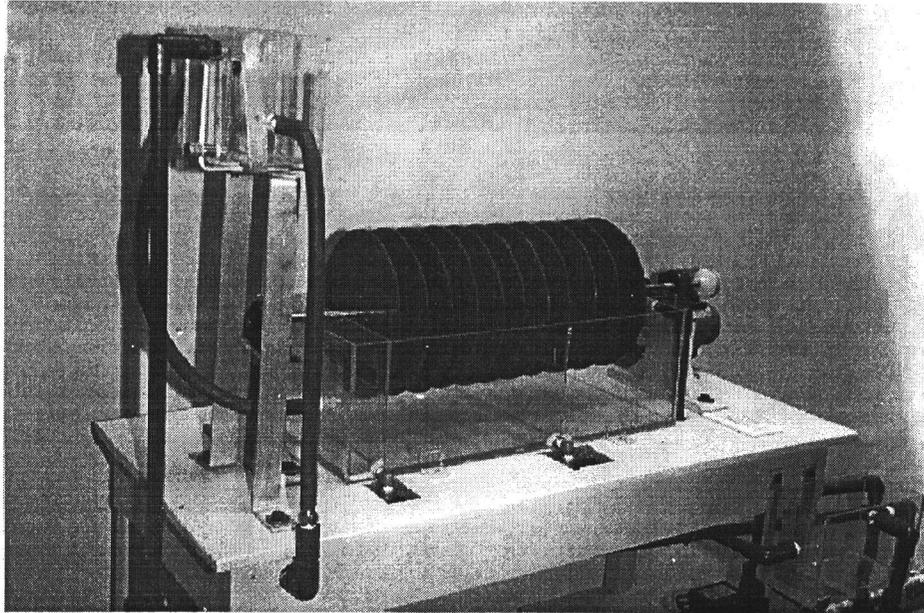
JOURNAL WPCF, volumen 58 # 11.

SALAZAR, Alvaro y OROZCO, Alvaro. Tratamiento biológico de las aguas residuales, Universidad de Antioquia, Colombia. 1987.

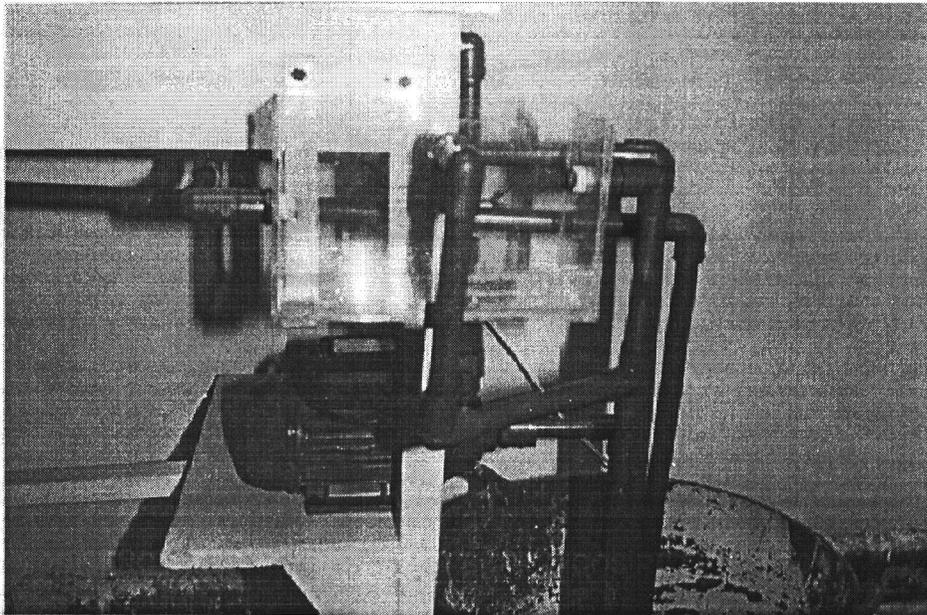
WENG, C.N. and MOLOFT, A.. Nitrification in the Biological Fixed-Film Rotating Disk System. Journal of the Water Polution Control Federation, Vol 46, No 7, Washington D.C., 1975.

ROJAS, CH. O. Y BANKS, J.C.. Manual de Laboratorio de operaciones y procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales. Universidad del Valle, Colombia, 1982.

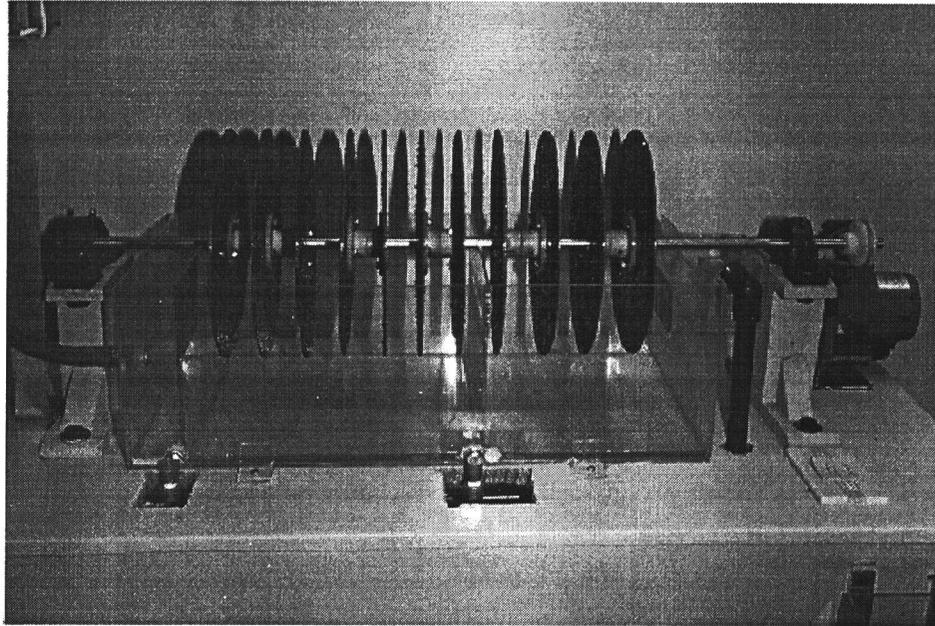
ANEXOS



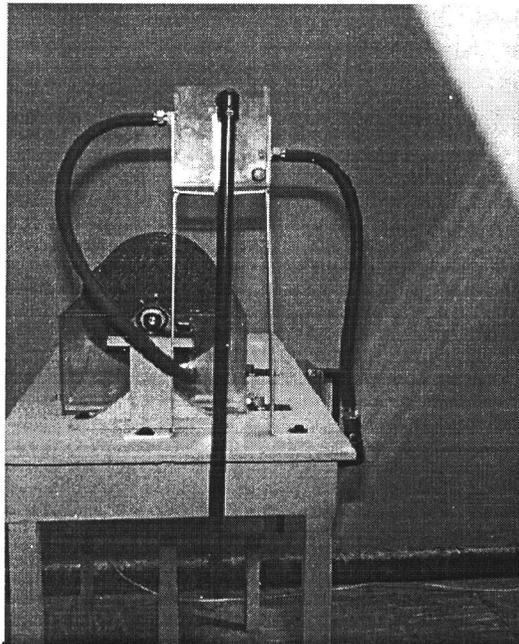
ANEXO 1. DISEÑO A ESCALA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS



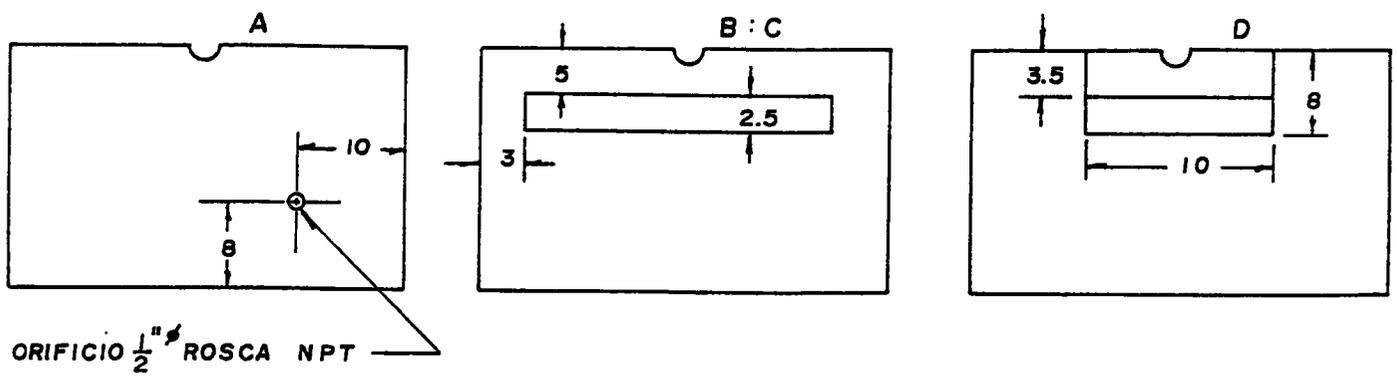
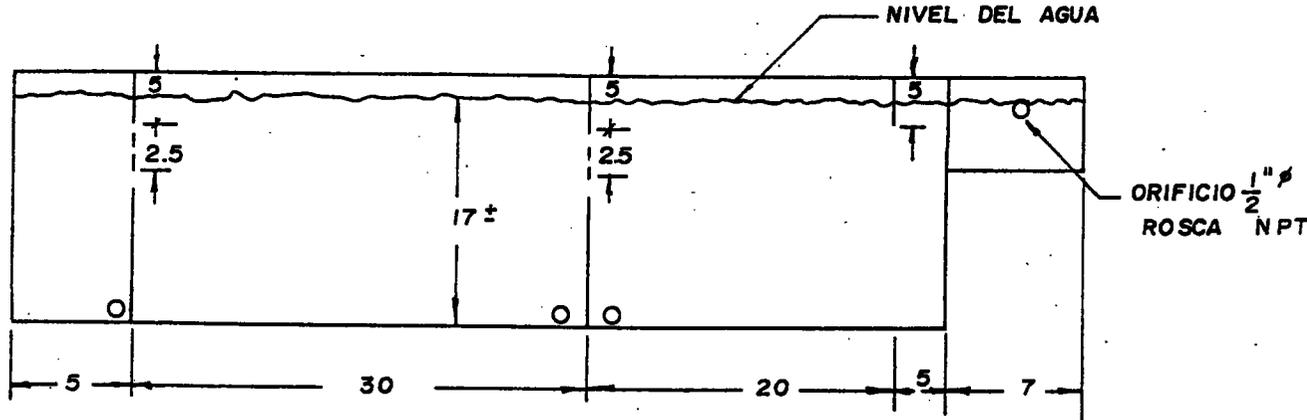
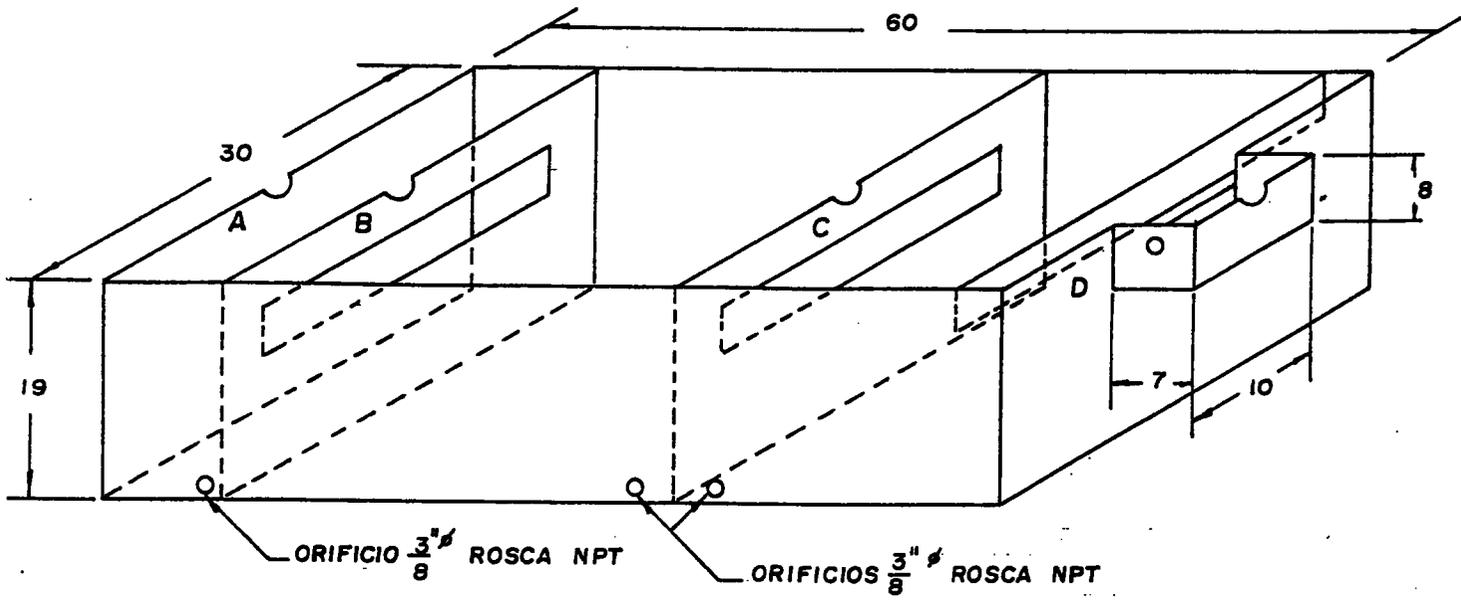
ANEXO 2. CLARIFICADOR SECUNDARIO DEL SISTEMA



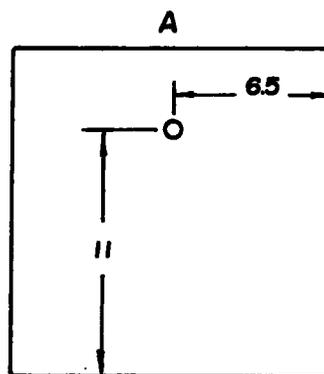
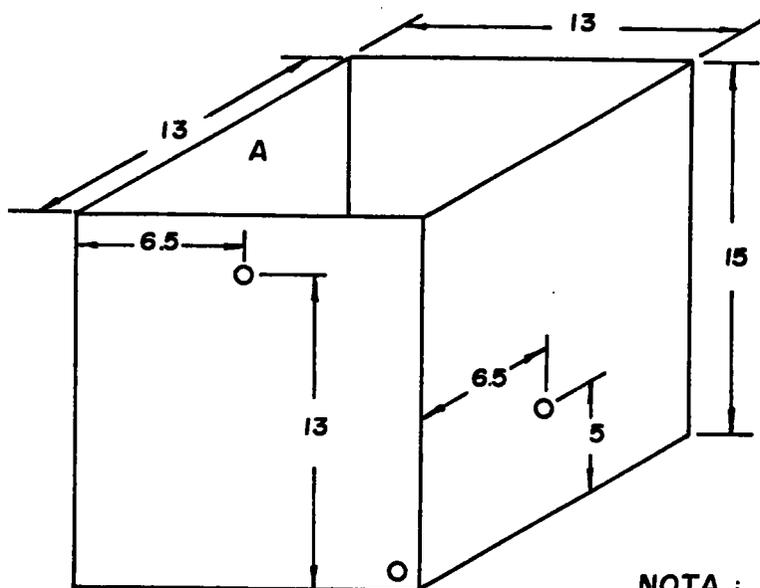
ANEXO 3. REACTOR DEL SISTEMA



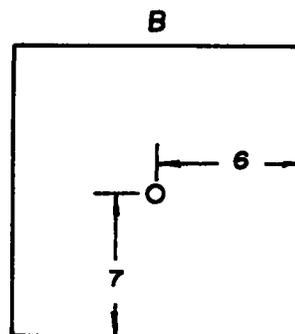
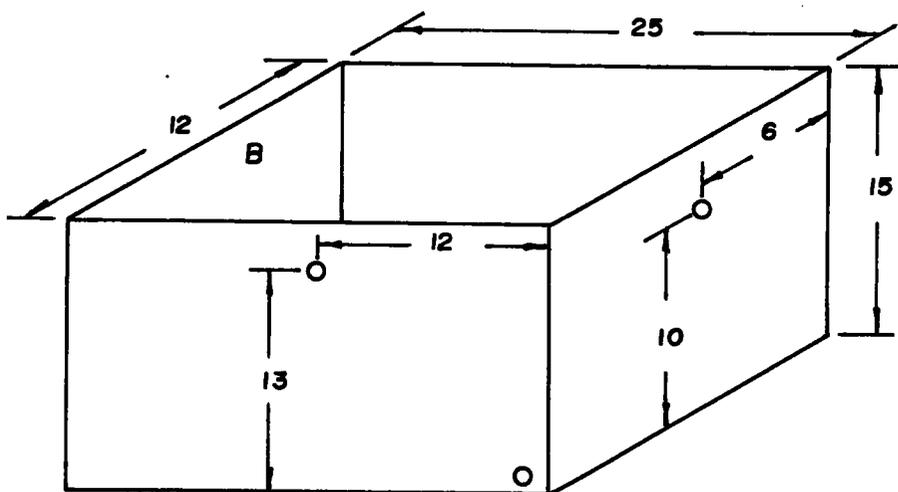
ANEXO 4. VISTA LATERAL CLARIFICADOR PRIMARIO Y REACTOR



ANEXO 5.
PLANO REACTOR DEL SISTEMA



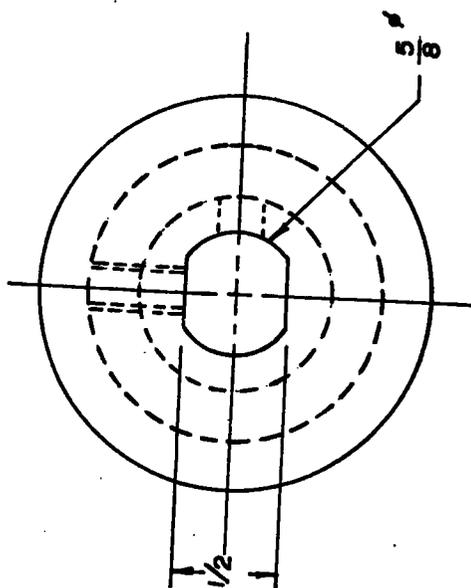
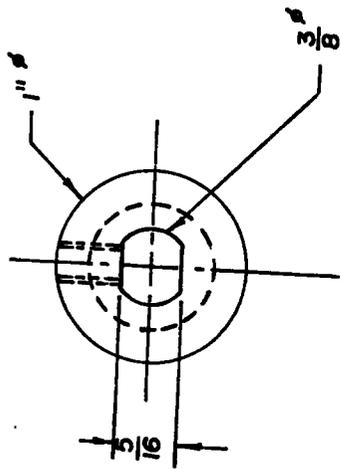
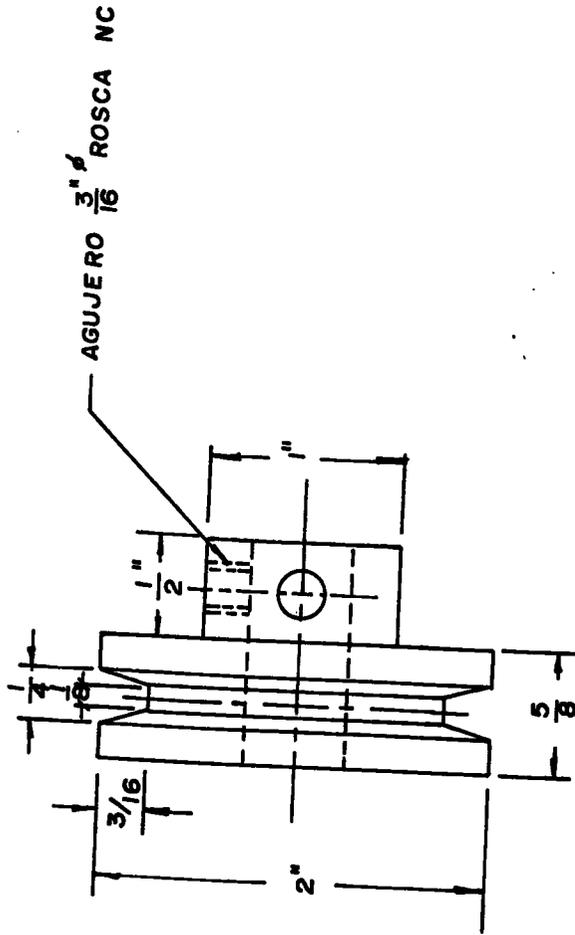
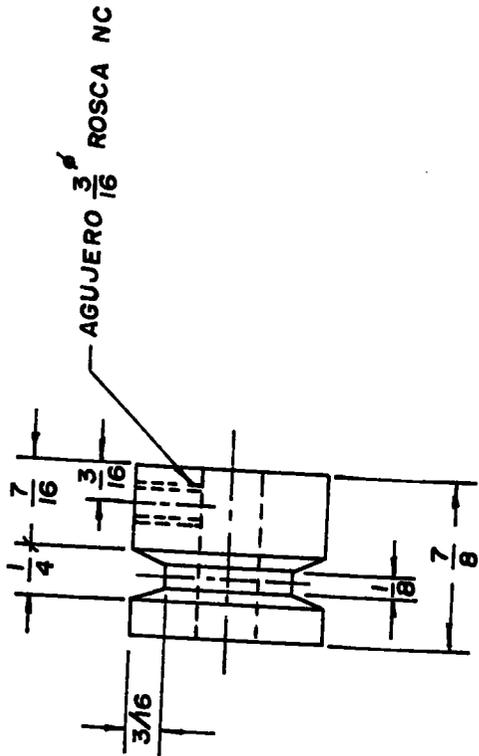
NOTA : ORIFICIOS DE $\frac{1}{2}$ " ROSCA NPT



NOTA : ORIFICIOS DE $\frac{1}{2}$ " ROSCA NPT

ANEXO 6.

PLANO SEDIMENTADOR PRIMARIO Y SECUNDARIO DEL SISTEMA

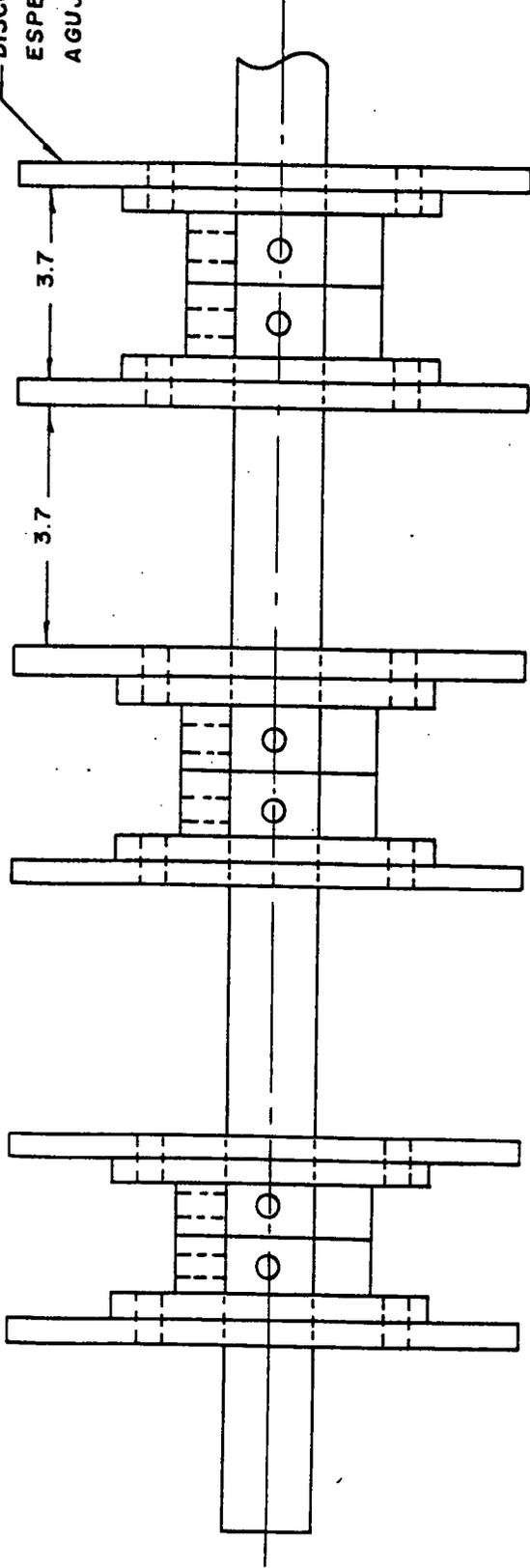


ANEXO 7.

PLANO POLEAS DEL SISTEMA

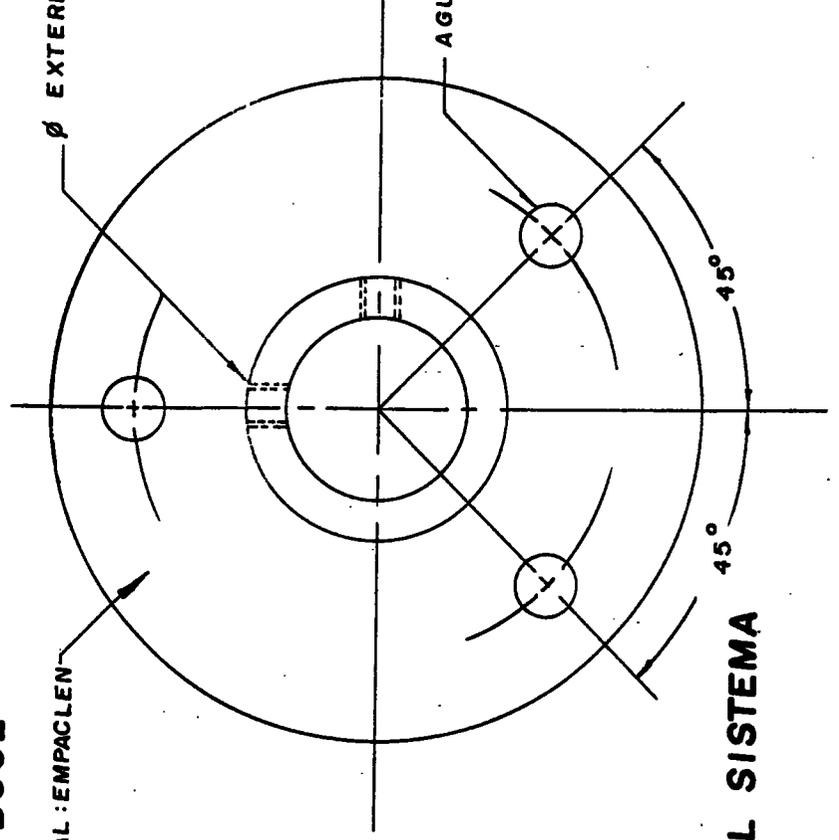
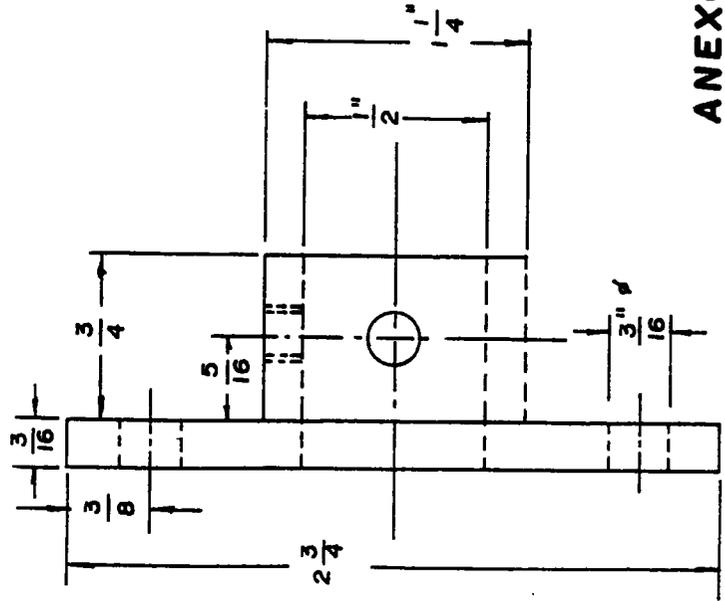
BUJE

DISCO ACRILICO 2mm DE
 ESPESOR Ø EXTERIOR 25 cm
 AGUJERO CENTRAL DE 1" Ø



BUJE

MATERIAL: EMPACLEN
 Ø EXTERIOR 3" ROSCA NC



ANEXO 8.

PLANO BUJES DEL SISTEMA

DIAGRAMA DE OPERACIONES
DISEÑO A ESCALA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

DIAGRAMA: Operaciones
 REALIZADO POR: Claudia Milena Camacho Ríos
 Gloria Rocío Gómez B.
 PUNTO INICIO: Determinación medidas del sistema
 PUNTO TERMINACION: Inspección 4

FECHA: Febrero de 1996
 METODO ACTUAL

ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (HR)
OPERACION	O	21	420
INSPECCION	□	4	4.30
TRANSPORTE	→	3	28
DEMORA	D	1	72
ALMACENAMIENTO	▽		

TOTAL **29** **524.3**

DESCRIPCION	O	□	→	D	▽	TIEM.
1. Determinación medidas del sistema						4
2. Cotización materiales a utilizar						72
3. Elección mejor alternativa de cotización						3
4. Compra materiales						120
5. Envío materiales taller de acrílico y metalmecánico						2
6. Construcción discos						24
7. Elaboración orificios internos de discos						2
8. Baño barniz a discos						1
9. Esparcimiento piedrilla a discos						1
Inspección 1						0.30
10. Construcción sedimentador y reactor						48
11. Construcción bujes, poleas y refrentado de eje						72
12. Espera por entrega de piezas						72
13. Envío materiales a taller de carpintería para elaboración mesa y soportes para chumaceras						24
14. Recibir piezas de taller acrílico, metalmecánico y carpintería						3
15. Transporte piezas a sitio de ensamble						2
Inspección 2						1
16. Ubicación y anclaje de reactor en mesa						48
17. Anclaje soportes de madera a mesa						1
18. Ajuste de discos con bujes						2
19. Acople bujes en eje de acero inoxidable						1
20. Montaje chumaceras con eje sobre soporte madera						3
Inspección 3						1
21. Montaje motorreductor (polea-eje)						4
22. Ubicación y anclaje de motobomba						2
23. Anclaje sedimentador secundario						1
24. Instalaciones hidráulicas y eléctricas						6
25. Anclaje sedimentador primario						2
Inspección 4						2

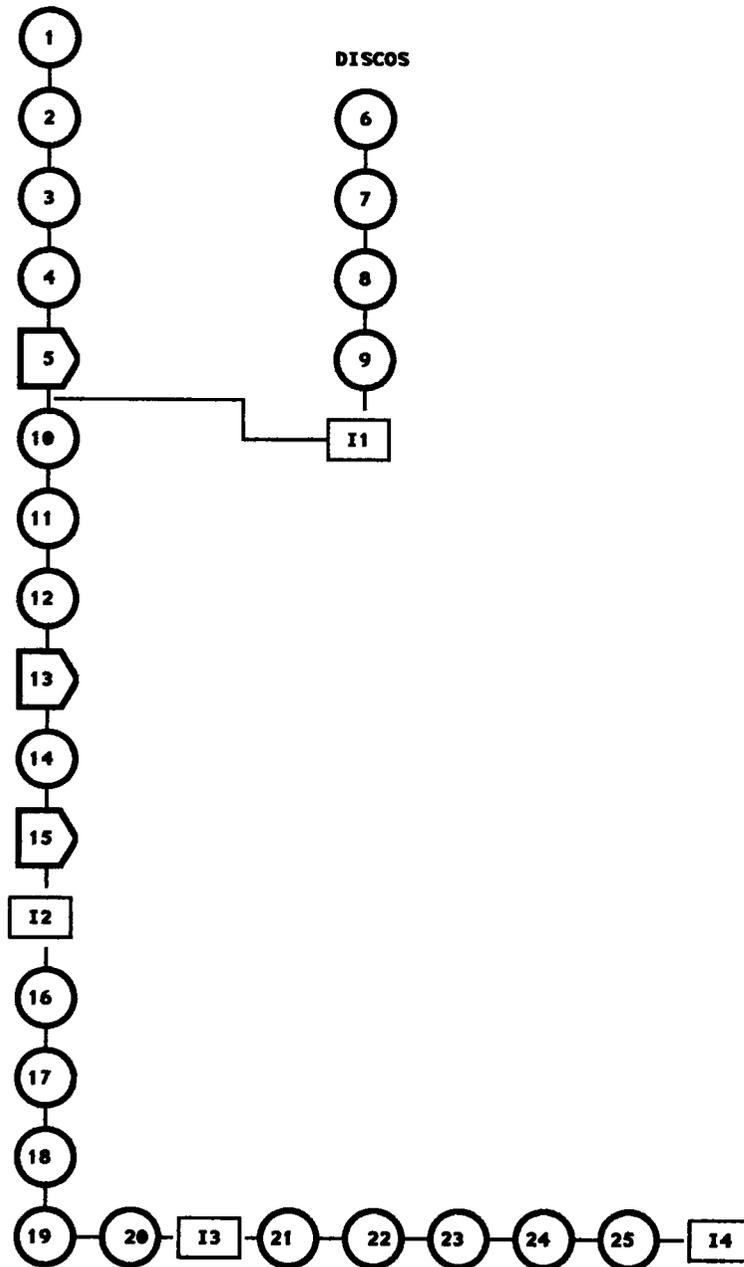
DIAGRAMA DE PROCESO

Operación representada: Sistema de discos biológicos rotarios.

Fecha de presentación: Febrero de 1996.

Presentado por: Claudia Milena Camacho R.

Gloria Rocío Gómez B.



ACTIVIDADES

- 1. Determinación de medidas del sistema 4 hr.**
- 2. Cotización de los materiales a utilizar 72 hr.**
- 3. Elección de mejor alternativa de cotización. 3 hr.**
- 4. Compra de materiales. 120 hr.**
- 5. Envío de material a taller de acrílico y metalmecánico. 2 hr.**
- 6. Construcción de discos. 24 hr.**
- 7. Elaboración orificios internos de discos 2 hr.**
- 8. Baño de barniz a los discos. 1 hr.**
- 9. Esparcimiento de piedrilla a los discos. 1 hr.**
- Inspección. 1**
- 10. Construcción de sedimentador y reactor. 48 hr.**
- 11. Construcción de bujes y poleas y refrentada del eje. 72 hr.**
- 12. Espera de entrega de piezas. 72 hr.**
- 13. Envío de materiales al taller de carpintería para elaboración de mesa y soportes para chumaceras. 24 hr.**
- 14. Recibir piezas de taller acrílico, metalmecánico y de carpintería. 3 hr.**
- 15. Transporte de piezas al sitio de ensamble. 2 hr.**
- Inspección 2**
- 16. Ubicación y anclaje del reactor en mesa. 48 hr.**

- 17. Anclaje de soportes de madera a mesa. 1 hr.**
- 18. Anclaje de discos con bujes. 2 hr.**
- 19. Acople de bujes en eje de acero inoxidable. 1 hr.**
- 20. Montaje de chumaceras con eje sobre soportes de madera. 3 hr.**

Inspección 3.

- 21. Montaje de motorreductor (polea - eje). 4 hr.**
- 22. Ubicación y anclaje de motobomba. 2 hr.**
- 23. Anclaje de sedimentador secundario. 1 hr.**
- 24. Instalaciones hidráulicas y eléctricas. 6 hr.**
- 25. Montaje de clarificador primario. 2 hr.**

Inspección 4

QUE SON?

Los discos biológicos rotatorios (DBR), son un sistema de tratamiento aeróbico y biológico, los cuales al ponerse en contacto con el agua residual que contiene una población microbiana heterogénea, forman una película de lama que se adhiere a la superficie de éstos. Los discos rotan lentamente sostenidos por un eje que puede ser longitudinal o perpendicular a la dirección del flujo. Esta rotación hace que los discos estén en contacto con el agua residual y con el alre.

COMO FUNCIONA?

Cuando se inicia el tratamiento de aguas residuales con un sistema de biodiscos y el medio de contacto se encuentra limpio, se requiere de varios días para que la película biológica se emplee a formar y llegue a tener un espesor óptimo para el tratamiento. El tiempo requerido para que esto ocurra depende de las características biológicas del agua residual tratada; sin embargo, es conveniente recircular el afluente para minimizar el tiempo de formación de la biopelícula y que la

población microbiana se comience a adherir al medio de soporte en donde logra su maduración. Estos microorganismos crecen tomando los nutrientes del agua residual y el oxígeno de la atmósfera.

Al comienzo de la formación de la biopelícula existen suficientes nutrientes y oxígeno con lo cual los microorganismos crecen aceleradamente aumentando en forma considerable el espesor de la biopelícula. A medida que ésta se va engrosando, el oxígeno y los nutrientes son consumidos por la población microbiana que se encuentra más hacia la superficie del disco, lo que da lugar a que el oxígeno no penetre todo el espesor de la biopelícula, estableciéndose un ambiente anaeróbico en el interior de la lama microbiana. En estas condiciones el paso del disco a través del agua hace que se desprenda la biopelícula, quedando parte en suspensión y otra sedimentada.

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA OPERACION DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLOGICOS ROTATORIOS

Con el fin de simplificar la descripción del funcionamiento y ejecución de las prácticas de laboratorio, se describe a continuación un procedimiento general del sistema:

Uno de los fundamentos principales de este sistema es la rotación de los discos, la cual permite que en el momento de entrar en contacto con el agua, los microorganismos toman el alimento del líquido y al salir al aire toman el oxígeno necesario para lograr una completa estabilización de la materia orgánica.

1. Verificar que el sedimentador primario ubicado en el inicio del sistema, se encuentre ubicado a la altura establecida en el diseño del sistema.
2. Verificar que la transmisión mecánica motor-eje esté bien acoplada.
3. Llenar con agua todo el sistema al nivel especificado.

4. Prender el motor eléctrico para impartir movimiento a los discos.

5. Encender la bomba para dar impulso al agua.

6. Verificar que el caudal especificado sea igual o similar al caudal de bombeo determinado en el diseño del biodisco.

7. Análisis del agua tanto a la entrada como a la salida de cada una de las unidades (sedimentadores), para determinar la eficiencia del sistema.

RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

1. La limpieza del sistema debe hacerse con agua a presión de manera que los discos queden libres de la biomasa adherida a ellos durante todo el proceso de remoción.

2. El biodisco debe mantenerse en una zona abierta para evitar las condiciones anaeróbicas del sistema que es la causante de los malos olores.

3. El flujo de agua residual que entra al biodisco debe ser constante para lograr el equilibrio orgánico del sistema.

4. El mantenimiento mecánico del sistema debe realizarse con periodicidad para mantener una rotación constante de los discos y garantizar la formación de la biopelícula.



SISTEMA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS (BIODISCO)

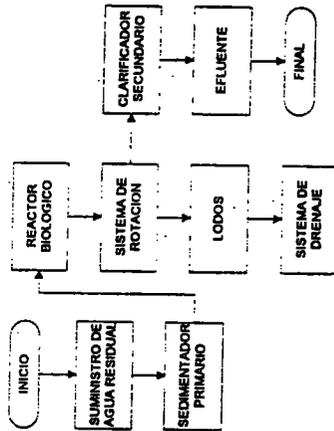


Diagrama de Flujo del Biodisco

Realizado por:

Claudia Milena Camacho Ríos

Gloria Rocío Gómez Benavides



División de Ciencias Básicas

Área Ambiental

Programa de Ingeniería Industrial

Call, Febrero de 1996