



FACULTAD DE INFORMATICA Y CIENCIAS APLICADAS

CARRERA INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO SANITARIO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS MIELES
DEL BENEFICIO SANTA ADELAIDA”**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

JAIME FRANCISCO PERAZA HENRIQUEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

MARZO, 2008

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE EL SALVADOR

LIC. JOSE MAURICIO LOUCEL
RECTOR

LIC. NELSON ZARATE SANCHEZ
VICERRECTOR ACADEMICO

INGRA. LORENA DUQUE DE RODRIGUEZ
DECANA

JURADO EXAMINADOR

ING. JORGE BOANERGES SOLANO
PRESIDENTE

ING. HERBERTH CHACON
PRIMER VOCAL

ING. ROBERTO ENRIQUE AVELAR
SEGUNDO VOCAL

MARZO DE 2008

San Salvador, El Salvador Centroamérica

CONTENIDO

INTRODUCCION	7
ALCANCES	7
CAPITULO I	9
ANTECEDENTES	9
1. Generalidades	9
1.1 Antecedentes del Beneficiado de Café	9
1.1.1 Historia del Café	9
1.1.2 Generalidades del Café	12
1.1.3 Beneficiado del Café	13
1.1.3.1 Tren húmedo	19
1.1.3.2 Tren seco	19
1.2 Antecedentes de Beneficio Santa Adelaida	21
1.2.1 Sistema de Abastecimiento de Agua	22
1.2.2 Energía Eléctrica	22
1.2.3 Vías de Acceso	23
1.2.4 Ubicación Geográfica	23
1.2.5 Aspectos Físicos	25
1.2.6 Proceso de Producción Beneficio Santa Adelaida	25
1.2.6.1 Tren húmedo	26
1.2.6.2 Tren seco	30
1.2.7. Descripción del Actual Sistema de Tratamiento	34
1.2.8. Estado de las Aguas Mieles	44
1.2.9. Evaluación del Sistema de Tratamiento	44

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2. Generalidades sobre el Tratamiento de Aguas Negras	50
2.1 Ciclo Aerobio y Anaerobio	55
2.1.1 Ciclo Aerobio	55
2.1 .2 Ciclo Anaerobio	56
2.2 Proceso Típico de Tratamiento de las Aguas Negras	58
2.2.1 Tratamiento Preliminar (Pre Tratamiento)	64
2.2.1.1 Rejas de Barra o Rejillas	64
2.2.1.2 Desarenadores	67
2.2.1.3 Vertederos	68
2.2.1.4 Conducto Aforador PARSHALL	72
2.2.2 Tratamiento Primario	77
2.2.2.1 Sedimentación	77
2.2.2.2 Tanques Sépticos	78
2.2.2.3 Tanques Imhoff	80
2.2.2.4 Tanques de Sedimentación Simple	83
2.2.2.4.1. Tipos de Tanques	86
2.2.3 Tratamiento Secundario	90
2.2.3.1 Lagunas de Estabilización o de Oxidación	90
2.2.3.1.1 Lagunas Anaerobias	91
2.2.3.1.2 Lagunas Facultativas	95
2.2.3.1.3 Lagunas de Maduración	100
2.2.3.1.4 Principios de Diseño de las Lagunas	104
2.2.3.2. Filtros Percoladores	111
2.2.3.2.1 Lechos Biológicos de Baja Carga	114
2.2.3.2.2. Lechos Percoladores de Alta Carga	115
2.2.3.2.3 Torres de Filtración Biológica	
o Filtros Torre	115
2.2.3.3 Reactores anaerobios de contacto	119

2.2.3.4	Reactores Anaeróbicos de flujo ascendente	123
2.2.3.5	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	138
2.2.3.6	Sedimentador Secundario	145
2.3	Tratamiento de Lodos	146
2.3.1	Introducción	146
2.3.2	Generalidades	147
2.3.3	Estabilización de lodos	148
2.3.4	Deshidratación de lodos	149
2.3.5	Secado e incineración	149
2.3.6	Lodos como fertilizantes	150
2.4	Desinfección	150
2.4.1	Desinfección por color	152
2.4.2	Desinfección mediante la luz	152
2.4.2	Desinfección mediante el cloro	152

CAPITULO III

EVALUACION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1	Estudio y Caracterización del afluente a tratar	156
3.1.1	Caudal del agua residual	156
3.1.2.	Análisis de las características físico – químicas	157
3.1.3	Características Geológicas, topográficas, y climatológicas	157
3.1.4	Características Geológicas, topográficas y climatológicas	164
3.2	Tipo de tratamiento secundario	164
3.2.1	Tratamiento biológico	165
3.2.2	Tratamiento químico	166
3.3	Recomendaciones respecto a la muestra	166
3.4	Planteamiento de tecnologías de tratamiento disponibles	168

3.4.1 Alternativas a considerar en cada elemento del sistema de tratamiento	169
3.4.2 Predimensionamiento de las unidades del tratamiento	
Biológico	170
3.5 Criterios de selección	179
3.6 Selección	180
3.7 Conclusiones sobre la evaluación de alternativas	181

CAPITULO IV

DISEÑO SANITARIO

4.1 Descripción de las unidades de la planta	183
4.2 Diseño de las unidades del sistema	186
4.3 Guía de operación y mantenimiento	196
4.4 Conclusiones y recomendaciones	202

GLOSARIO	205
-----------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	210
---------------------------	-----

INTRODUCCION

Para que el medio ambiente se conserve en buenas condiciones, es de vital importancia la limpieza y eliminación de todas las condiciones que lo deterioran, para ello es necesario implementar sistemas adecuados de tratamiento, con el fin de mejorar la calidad del agua, mejorar el ecosistema y ayudar a garantizar la salud de la población.

Siendo el café uno de los principales rubros de exportación, generando un buen porcentaje de divisas y además de gran importancia en la generación de empleo, el problema cobra mayor magnitud que justifica plenamente este estudio y que hace necesario adjudicar recursos y esfuerzos para evitar la contaminación generada por los desechos de la cosecha provenientes de la agroindustria del café.

La contaminación que reciben los cuerpos receptores provenientes de los efluentes de los beneficios de café es de magnitud considerable por lo debe implementarse soluciones a corto plazo para minimizar el alto grado de contaminación generado.

Los efectos que contaminan el medio ambiente y que son provocadas por las aguas mieles del beneficiado húmedo de café se mantienen en el aire (mal olor), el suelo, las aguas superficiales las aguas subterráneas.

El proceso mediante el cual se transforma el café es realizado mediante el beneficiado seco y el beneficiado húmedo, siendo este último el que utiliza el agua como elemento principal en su proceso, y es utilizado por la mayoría de

beneficios en nuestro país. El agua resultante del proceso es llamado “agua miel” caracterizada por su alto contenido de materia orgánica, elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO), gran cantidad de sólidos totales y un alto grado de acidez. Estas características la hacen altamente nociva.

Son pocos los beneficios en el país que dedican parte de sus esfuerzos para el adecuado tratamiento de sus desechos líquidos y los que han implementado algún sistema de tratamiento, no siempre resulta efectivo.

El acelerado crecimiento poblacional demanda cada vez de mayores recursos hídricos, por lo que es urgente encontrar solución a la contaminación de las aguas existentes.

ALCANCES

En el desarrollo de este trabajo se conocerán todas las generalidades sobre el café y el proceso de producción; además se pretende proporcionar alternativas para la solución de una de las mayores fuentes de contaminación (33%) de los recursos hídricos.

- Se estudiarán los sistemas de tratamiento disponibles para el tratamiento de las aguas mieles del Beneficio Santa Adelaida.
- Se harán las evaluaciones correspondientes para determinar que tratamiento el mas indicado.
- Proponer el diseño sanitario más adecuado para el tratamiento de las aguas mieles provenientes del beneficio.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES DEL BENEFICIADO DE CAFÉ

1.1.1 HISTORIA DEL CAFÉ

La palabra cafeto es originaria de África específicamente de Etiopía.

A principios del siglo XVI se tomaba en el Cairo y desde allí llegó a Siria en 1534 durante el reinado de Solimán II; llegó a Constantinopla y en 1582 se conoció por primera vez en Europa, en el año 1645 en París se hizo público y se vendió en cafeterías en el año 1672; se conoció por el público en Londres en 1693.

En 1774 se tomaba café en todas las cortes alemanas; se extendió a las colonias francesas especialmente en Santo Domingo, en 1748 fue que entró a Cuba y se extendió hasta Venezuela, en 1732 Jamaica exportaba mucho café, en 1762 se comenzó a cultivar en Brasil, pero fue hasta 1808 que adquirió importancia para el cultivo del comercio mundial.

En El Salvador se introdujo en 1740. En los años de 1859 - 1863 el General Gerardo Barrios fue el primer presidente en fomentar el cultivo del café fue la que originó la diseminación de estas plantaciones en las regiones con climas aptos para el cultivo.

El presidente Gerardo Barrios hizo los primeros experimentos del cultivo del café, siendo los departamentos de occidente y la Libertad, donde se cultivaron las primeras plantas, desarrollando un “beneficio rudimentario” donde se obtenía café pergamino que para 1856 ya daba algún producto.

En los años 1885 - 1856, se realiza la primera venta al extranjero de 904 quintales.

Desde entonces se extendió fuertemente a toda la zona occidental y parte de la zona central del país, así como una importante plantación en la zona de San Miguel y Ciudad Barrios.

Durante la década de los años cincuenta el café pasó a considerarse como el baluarte de la economía nacional de nuestro país, desde esa época se ha dado el beneficiado húmedo del café el cual a través del tiempo ha incrementado sus volúmenes con lo cual ha surgido la necesidad de optimizar el uso del agua por quintal oro de café procesado.

El cultivo del café en El Salvador, se comenzó con la variedad “arábigo” o “typica”, luego se cultivó el “maragogipe” en forma transitoria, y el “Bourban” en forma definitiva.

1.1.2 GENERALIDADES DEL CAFÉ

NOMBRE TECNICO	NOMBRE COMUN	DESCRIPCION
Cubierta o Epicarpio	Cáscara	Cubierta verde cuando no ha madurado, rojo cuando lo está
Mesocarpio	Mucilago	Carne o parte blanda fácil de partir, resbalosa de sabor azucarado
Endocarpio	Pergamino	Envoltura que cubre por separado cada semilla
Endocarpio	Semilla	Grano de consistencia córnea que está cubierta por una película plateada, de consistencia sedosa

1.1.3 BENEFICIADO DEL CAFÉ

Para conocer sobre cómo el agua potable que comúnmente conocemos se convierte en veneno para los ríos (aguas mieles) que hoy en día son uno de los índices contaminantes más altos de los recursos hídricos de El Salvador (33%), se describe a continuación el curso que lleva el agua desde que ingresa al beneficio hasta que llega a evacuarse.

La transformación del fruto de la planta del cafeto se llama beneficiado; este es el proceso industrial que permite transformar el café maduro, uva fresca o inmaduro a otro estado que es semielaborado que puede ser café oro lavado

o sin lavar, estos granos de café que fueron cortados empiezan el proceso de beneficiado, el cual tiene dos técnicas, las llamadas vía seca y vía húmeda.

En este estudio se dará a conocer el proceso húmedo ya que es el más usado en nuestro país y es el que utiliza grandes cantidades de agua en su proceso.

El café que se le aplica esta técnica o que procede de esta técnica, se le conoce como café lavado; y es colocado con un mejor precio de venta en el mercado internacional.

Las dos etapas en que se divide el proceso húmedo son:

- Tren húmedo

- Tren seco

1.1.3.1 TREN HÚMEDO

Es un conjunto de operaciones donde el café es transformado de café uva fresca a café pergamino seco, a continuación se describen las operaciones.

En los beneficios, el café que es recién cortado es recibido y es lavado en forma manual o por succión hasta un sifón pasando por limpiadoras; con el objeto de separar las impurezas que pueda traer la recepción del café, aun que algunos pequeños beneficios prescinden del sifón ya que lleva la eliminación de purezas manualmente. En otras palabras, la función del sifón es clasificar el grano en forma hidrostática, en los cuales por la densidad se separan los granos verdes de los maduros vanos e impurezas.

Los granos que por su poca densidad quedan en la superficie se llaman “flotes” pasan a un deposito donde se almacenan para luego ser trasladados a patios para ser secados o pasan a pulperos de repaso, para toda esta operación se utiliza el agua.

El café que cae en el fondo del sifón, pasa por medio de gravedad a la siguiente operación que es el despulpe.

DESPULPE

Este proceso es donde las maquinas separan la pulpa o cáscara del grano de café, casi siempre poseen pecheros de hule y los de repaso y contrapeso poseen pecheros de hierro.

El café no es despulpado en su totalidad, debido a su madurez y tamaño, por lo tanto es necesario hacer una clasificación en las cribas (aparato mecánico que se emplea para separar las partes menudas de las gruesas) para que pasen a repaso.

La criba se trata en síntesis de un cilindro con una camisa de cobre con botones ranuras que gira frente a un pechero de hierro o bandas de hule y que desgarran el café maduro.

La cuna que es parte de la criba, es donde cae el café despulpado, este es clasificado nuevamente en primeras y espumas. Las primeras son los granos que debido a su densidad llegan al fondo de la cuna y las espumas es lo contrario.

El café que no se le separa la cáscara, pasa a los pulperos de repaso, al que se le repite toda la operación, por consiguiente se obtendrá café no despulpado, el cual pasará a un tercer despulpe, llamado contra repaso el cual no se realiza en todos los beneficios.

El café despulpado sea de los pulperos de primera o café de primera, de los repasadores o café de segunda; pasa al proceso de desmucilaginado.

DESMUCILAGINADO

Esta operación consiste en ablandar y remover al mucílago, este constituye el mesocarpio del fruto y es en total el 20% más o menos del café maduro.

La etapa de ablandado de mucílago puede hacerse por cualquier de los siguientes métodos (usados en el país).

LA FERMENTACIÓN NATURAL

Dada la composición bioquímica y la presencia de proteínas, el mucílago es rápidamente degradado por los microorganismos que posee en forma natural el café.

El café despulpado reposa en pilas de fermento. El tiempo para que fermente el café varía entre 6 y 22 horas, esto depende de la temperatura ambiente, el espesor de la capa de mucílago y la cantidad de sustancias capaces de acelerar o retardar la fermentación del mucílago.

DESMUCILAGINACIÓN MECÁNICA (FRICCIÓN).

Consiste en pasar el café despulpado a una máquina desmucilagadora, esta remueve el mucílago por medio de fricción causado por el giro de una placa o varillas dentro de un contenedor metálico. La ventaja de este método es que no necesita tiempo para la fermentación, lo que acelera el proceso de producción.

LAVADO

Una vez que el mucílago ha sido desprendido de la cubierta del grano se puede lavar con agua, el mucílago es eliminado mediante el lavado del café por medio de agua limpia utilizando diferentes métodos como bombas, adelios, cribas o canastos.

Las lavadoras más usuales son las que aplican fricción entre los granos y contra una zaranda por medio de un helicoidal o tomillo sin fin.

Después que el café ha sido lavado, se tiene que remover los excesos de agua en otro paso llamado escurrido, este consiste en zarandear el café o pasarlos por un helicoidal con su artesa perforada.

Para tener una idea de la cantidad de agua que se consume en los beneficios de café, el consumo total por quintal/oro varía de 242 a 454 lts. de agua. Una media será de 348 lts. De agua equivalente a 90 gal. de agua.

Cada beneficio usa diferentes cantidades para el proceso de lavado de un quintal de café; para tener un dato aproximado del volumen de agua

provenientes del café (aguas mieles) producidas anualmente se puede considerar una media de 5.25 m³ por cada 15 quintales de café oro.

PRESECADO

Puede utilizarse el método mecánico o exponerlo al sol en patios. El presecado en patios al sol se hace con el fin de disminuir el porcentaje de humedad, removiéndose constantemente para lograr uniformidad en la humedad. En el proceso de presecado mecánico el grano es llevado a un sitio temporal y luego hacia una presecadora la cual reduce el porcentaje de humedad de 6% a 38%, la temperatura dentro de la presecadora oscila de 65°C a 78°C.

SECADO

Es la parte final del proceso, el grano de café puede ser secado de dos formas: en patios al sol y mecánicamente.

El secado en patios, es por tradición el método más conocido, dependiendo del clima y del grosor con que se dispersa el café por medio de tractores, el secado puede durar desde seis o siete días hasta quince o más.

En los primeros tres días o al máximo el cuarto día el café queda tendido toda la noche y se remueve durante el día. El café es recogido durante la tarde para protegerlo de la humedad del medio nocturno.

Otros factores que influyen en el tiempo de secado son la velocidad del viento y la humedad del grano. El secado finaliza cuando el grano alcanza un 12% de humedad. Una vez seco el grano se recoge y se almacena, uno de los métodos para recolectar el café es el ponerlo en sacos (ensacado) en el patio para luego ser trasladado hacia una bodega.

Este también puede ser succionado por medios neumáticos a una fosa elevador, empujados por una tapadera y de ahí ser levantados por un tractor.

EL SECADO MECÁNICO

Este método consiste en pasar a través de la masa de granos una corriente de aire que ha sido calentado por medio de una fuente de calor, es impulsado por un ventilador dentro de la secadora, el tiempo de secado depende en gran parte de la eficiencia de la fuente de calor.

Cuando se tiene el café seco por cualquiera de los métodos se ensaca, se pesa y se embodega en tipo pergamino hasta recibir orden de trilla.

Como se ha descrito el proceso húmedo en todo su recorrido para transformar el café uva fresca a café pergamino, utiliza grandes cantidades de agua las cuales contaminan los cuerpos de agua donde son depositados ya que tienen una elevadísima demanda de oxígeno.

1.1.3.2 TREN SECO

Cuando el café ha pasado las etapas de tren húmedo se le conoce como café pergamino; pero para que sea transformado al tipo de café oro exportable tiene que pasar por una serie de operaciones, las cuales describen a continuación.

ZARANDEADO

Este paso se hace con el fin de extraer elementos extraños al café pergamino ya que la maquinaria en las siguientes operaciones podría sufrir daños.

TRILLADO

Esta operación se lleva a cabo en una trilladora la cual separa la cascarilla del grano del café, aplicando fricción por medio de un cilindro y la cascarilla pasa una polvillera a través de un transportador neumático.

CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO

Esta operación tiene por finalidad clasificar, por medio de zarandas de diferentes calibres manteniéndose en constante movimiento para dicha selección. Además están los clasificadores cilíndricos, los cuales rotan y clasifican el café.

CLASIFICACIÓN NEUMÁTICA DE COLUMNA VOLUMEN-PESO (CONTADOR)

Esta clasificación se hace en catadores, estas son torres atravesadas por corriente de aire, los granos son introducidos en la parte superior, la corriente de aire levanta el grano de peso dejándolo caer con un peso determinado de acuerdo a la regulación del flujo de aire. Esta máquina clasifica los granos en tres calidades: primera, segunda y resacas.

CLASIFICACIÓN NEUMÁTICA DE MASA-PESO-VOLUMEN (GRAVIMETRÍA).

Esta Clasificación es hecha sobre la base del peso específico de cada grano y del volumen del mismo. La clasificación se hace por medio del aire y movimiento de transporte vibratorio en sentido transversal para lograr que los granos de mayor peso suban a las trampas de primera y el resto se coloquen en las trampas de segunda y resaca de acuerdo con su peso.

LIMPIA (CLASIFICACIÓN MANUAL)

Esta clasificación se lleva a cabo en bandas que tienen reguladores de tiempo y velocidad, así como cantidad de granos, dependiendo de que tan limpio esté el café. Este proceso es llevado a cabo por personas situadas a ambos lados de la banda las que extraen los granos que poseen alguna imperfección.

EMPAQUE

Los sacos se llenan mecánicamente en una báscula, la cual es regulada de acuerdo al peso deseado (150 lbs.).

1.2 ANTECEDENTES DEL BENEFICIO SANTA ADELAIDA

El beneficio Santa Adelaida, pasa a formar parte de la reforma agraria en el año de 1980; transformándose en cooperativa, conservando siempre el mismo nombre.

Desde que pasó a la actual junta de administración incrementó su extensión de tierra de 800 a 975 hectáreas, actualmente su extensión es de 1200 manzanas; de las cuales 975 son destinadas al cultivo de café; destinándose, de estas últimas, 100 manzanas al café orgánico y 120 están en proceso.

La producción de éste beneficio el 90% es exportable, 5% resaca exportable y 5% para consumo interno. Desde la antigua administración hasta la actual ha venido evolucionando en sus instalaciones, convirtiéndose en un beneficio cuyas instalaciones son muy modernas, alcanzando una producción de 27,500 qq. De café oro aproximadamente por temporada.

1.2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

El beneficio no cuenta con suministro de agua potable por parte de ANDA, si no a través de captación y luego por bombeo el cual consta de dos

bombas, una diesel de 12 gal./min. y una eléctrica de 28 gal/min. Debido a lo accidentado del terreno es necesaria la utilización del equipo de bombeo. El agua es transportada por medio de tubería de 2" de diámetro hasta un tanque para luego por gravedad transportarla hasta el beneficio para ser utilizada en las actividades del beneficiado.

1.2.2 ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es suministrada por la empresa CLESA también hay suministro para algunas viviendas pero no así a lo largo de caminos vecinales.

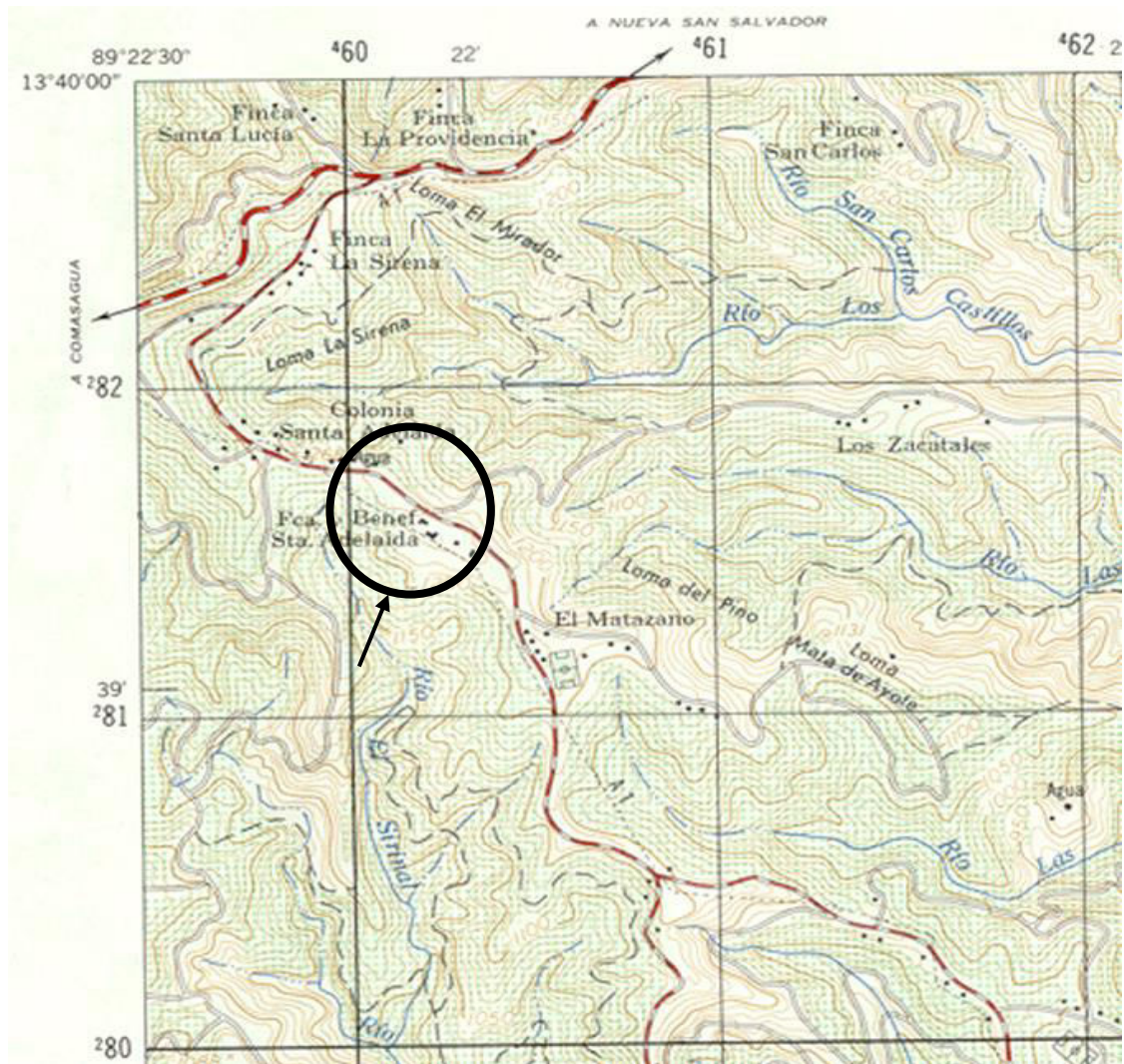
1.2.3 VÍAS Y ACCESOS

Para llegar al beneficio Santa Adelaida existen caminos de tierra que son transitables durante todo el año, no poseen sistemas de drenaje ni son balaustrados. Dentro de la extensión del beneficio hay caminos de tierra transitables para vehículos.

1.2.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El beneficio está ubicado en el departamento de La Libertad, cantón y caserío El Matasano. Esta limitado por los siguientes cantones, que pertenecen al municipio de Comas agua, al norte San José El Porvenir; al este San Francisco, El Potrearon y El Rosario; al sur El Conacaste, El faro, El Peñón y La Silla y al oeste por San Antonio. **(Ver Mapa de Ubicación)**

Localización del Beneficio Santa Adelaida



1.2.5 ASPECTOS FÍSICOS

HIDROGRAFÍA

Al municipio de Comas agua lo riegan muchos ríos de los cuales los siguientes son los existentes en la finca Santa Adelaida: San Carlos, Los Castillos, Las Nubes, Las Lajas, El sardinal y San Vicente o Cuyanigua.

CLIMA

El clima es fresco y agradable debido a la altitud, pertenece al tipo de tierra templada. El monto pluvial anual oscila entre 1800 y 2200 mm.

VEGETACIÓN

La flora está constituida por bosque húmedo tropical, bosque húmedo subtropical fresco y bosque muy húmedo subtropical; debido al tipo de clima predominan los árboles tales como: capulín, níspero, tambor, cedro, ceiba, cortés, bálsamo, copinol y otros que son propios de este tipo de clima.

1.2.6 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BENEFICIO SANTA ADELAIDA

En el beneficio SANTA ADELAIDA se utiliza el proceso de vía húmeda para la transformación del grano la utilización de este proceso requiere de mas

cuidado y atención pero al final da como resultado un producto de buena calidad.

Las dos etapas en que se divide el proceso son:

-TREN HUMEDO

-TREN SECO

1.2.6.1 TREN HÚMEDO

El café después de la recolección es transportado hacia el beneficio el cual es depositado en las pilas de uva.

El grano es transformado con ayuda del agua (por medio de correteo) hacia una bomba que lo impulsa hacia un sifón, el cual clasifica el grano hidrostáticamente, separando el grano verde, el maduro y las impurezas. Por su densidad el café seco e impurezas flotan, estos granos se llaman “flotes” transportándolos hacia una pila de recibo.

El sifón termina en un escurridero, aquí el agua regresa para ser utilizada nuevamente en las pilas de aguas mieles.

El café que cae en el fondo del sifón pasa por medio de gravedad a la siguiente operación que es él **DESPULPE**.

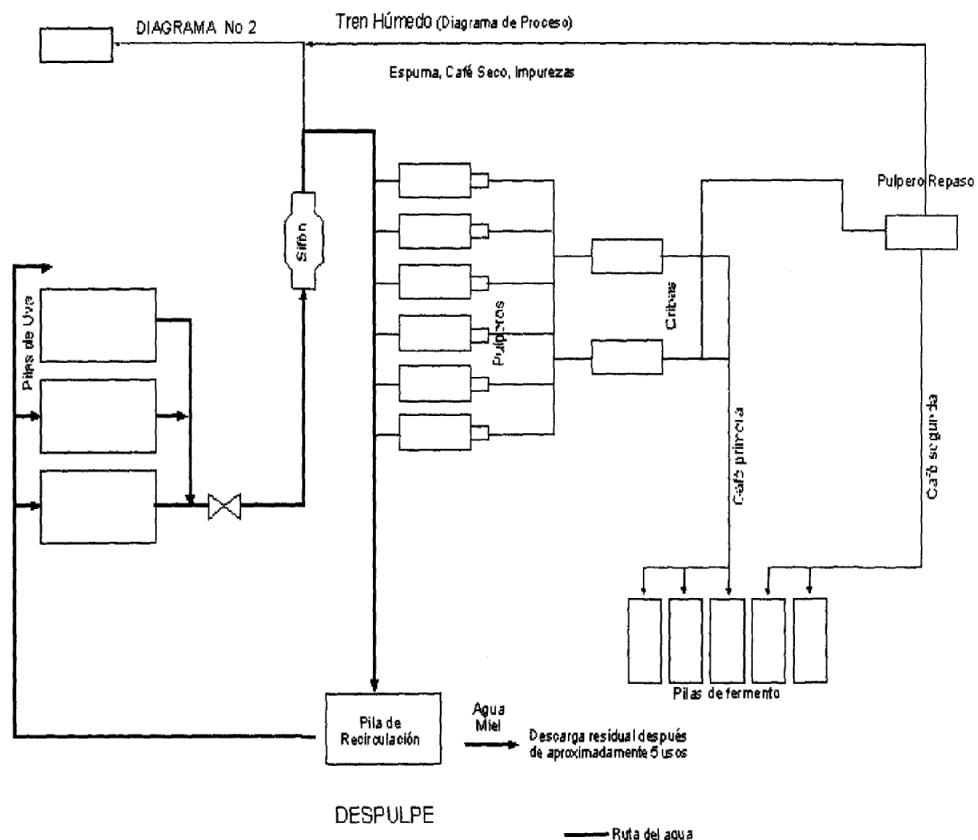
DESPULPE

El café es transportado por un helicoidal hacia los pulperos (6 en total) de primera. En este proceso los pulperos serán la pulpa (cáscara) del grano.

De los pulperos es llevado el grano hacia unas cribas, que son cilindros (giratorios) con una camisa de cobre ranurada.

El fondo de la criba es una cuna en donde cae el grano ya despulpado y transportado por un conductor helicoidal hacia las pilas de fermentación.

El café que aun no ha sido despulpado es conducido hacia los pulperos de repaso (3) los cuales repiten la operación. El café despulpado obtenido en esta operación es el café de segunda que es conducido a las pilas de fermento de segunda. El flote y el verde son llevados hacia la pila de recibo. Ver diagrama No 2.



DESMUCILAGINADO

Consiste en ablandar y remover el mucílago, esto constituye el mesocarpio del fruto.

El ablandado de mucílago es acelerado por la fermentación, donde es rápidamente degradado por los microorganismos que trae en forma natural el café. El café reposando en las pilas de fermento dura aproximadamente 12 horas (depende de la temperatura ambiente y el espesor del mucílago).

LAVADO

Después que el mucílago ha sido desprendido del grano debe lavarse con agua para ser eliminado.

De las pilas de fermento es impulsado por agua hacia unas compuertas en el fondo de las pilas (cremalleras) que por un canal llevan el grano hacia una bomba que alimenta la lavadora, la que tiene un desagüe hacia un escurrido; en donde el agua con mucílago es conducida hacia las fosas.

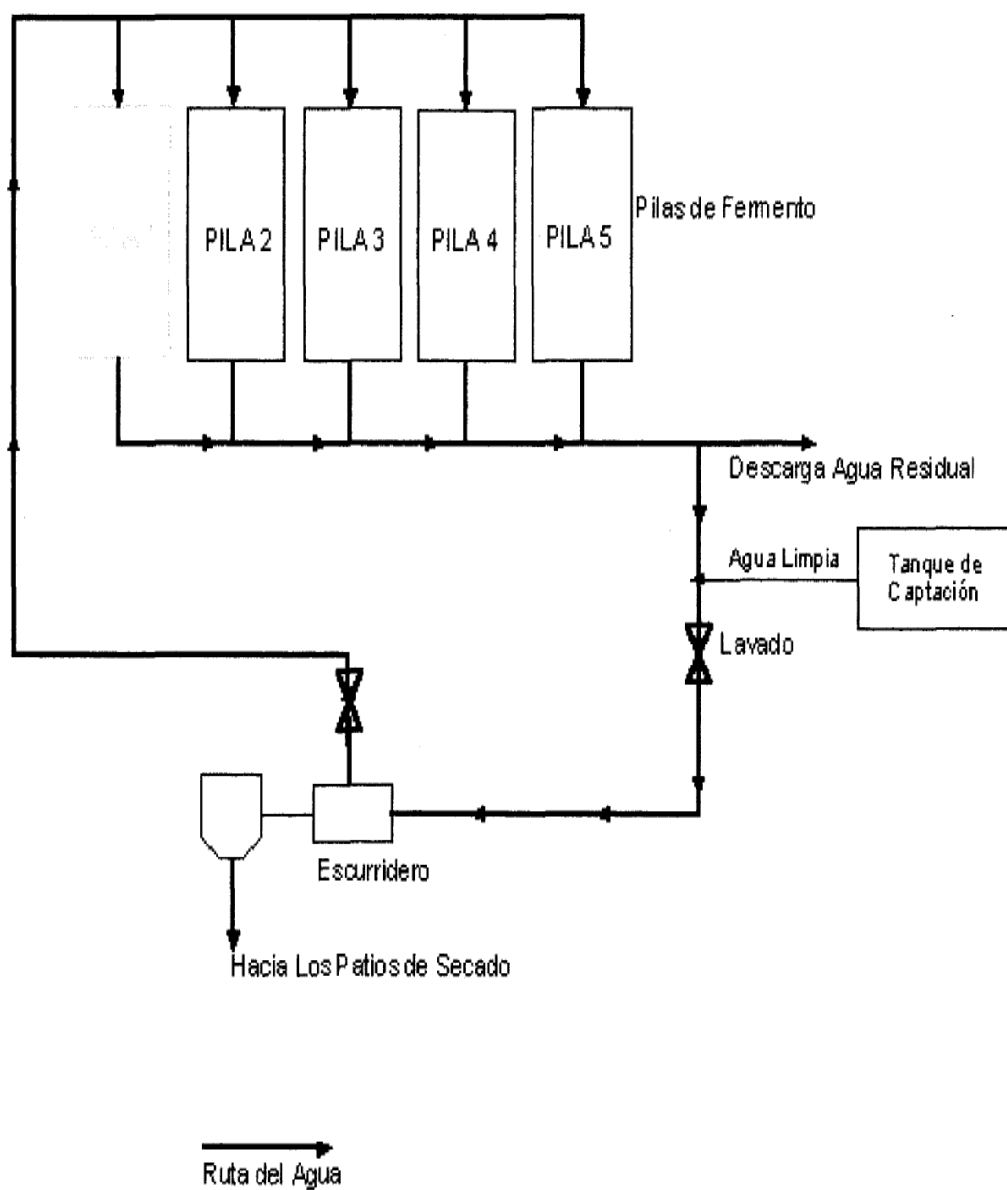
El café ya escurrido es transportado por agua limpia hacia un adelio que lleva el café seco (escurrido) hacia las tolvas.

Esta agua va hacia las pilas para iniciar nuevamente el proceso de lavado.

El agua utilizada es más o menos de 60 galones (agua utilizada en los dos procesos). Ver diagrama No 3.

DIAGRAMA No 3

Tren Húmedo (diagrama de Proceso)



1.2.6.2 TREN SECO

PRESECADO

El café es llevado hasta los patios en donde se exponen los granos húmedos a la radiación solar para reducir el grado de humedad. Se extiende en uniformes y se remueve constantemente por medios manuales utilizando herramientas, generalmente de madera llamados “diablos”.

El café es recogido y protegido durante la noche de la humedad que propicia el ambiente.

La velocidad del secado del café en patios va a depender en gran medida de la intensidad de la radiación solar, temperatura, ambiente, el viento y otros.

SECADO

El café es transportado hacia las secadoras, las usadas en el beneficio son de tipo vertical.

A través de los granos es introducida una corriente de aire calentado (por las calderas) que es impulsado hacia las secadoras reduciendo así la humedad del grano.

TRILLADO

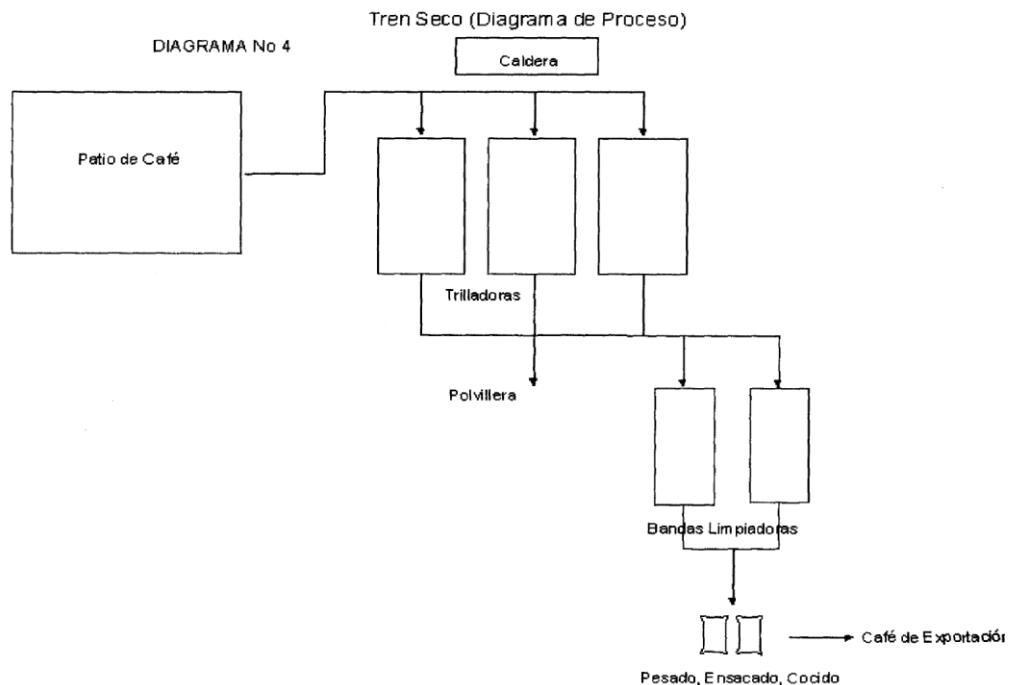
Se lleva a cabo en una trilladora y consiste en la separación de la cascarilla del grano. La cascarilla es usada para combustión en las calderas.

LIMPIA

Se realiza normalmente, el café es transportado en bandas; que tienen reguladores de velocidad y cantidad de grano; dependiendo del grano de limpieza del café. Personal situado a ambos lados de la banda extraen impurezas y granos que contengan imperfecciones.

EMPAQUE

Los sacos son llenados, pesados y cosidos. Son embodegados o despachados hacia los barcos para su destino final (exportación). Ver diagrama No.4



1.2.7 DESCRIPCIÓN DEL ACTUAL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Se dice que el disponer satisfactoriamente de las aguas industriales depende del tratamiento previo que estas reciben, si dicho tratamiento es completo se podrá disponer para ser reutilizada o ser diluida en un cuerpo receptor capaz de absorber la descarga.

El diseño y construcción de un sistema de tratamiento se hace con el objetivo de reducir a niveles aceptables las concentraciones de sólidos o de cualquier otro elemento que altere su composición química o física.

Todos los procesos y dispositivos que conforman un sistema de tratamiento se diseñan dependiendo de las características del agua y el lugar donde se pretende disponer. La definición de un sistema de tratamiento de aguas industriales o pluviales es el conjunto de procesos y dispositivos por medio del cual se logra reducir el grado de contaminación al cual fue expuesta el agua al ser integrada como elemento indispensable para la transformación de un producto.

Todo sistema de tratamiento ya sea que se destine a tratar volumen pequeño de agua debe poseer los dispositivos necesarios para que cumplan con la función para que fue diseñada.

Los dispositivos que todo sistema debe poseer son:

- a) Tratamiento preliminar
- b) Tratamiento primario
- c) Tratamiento secundario

d) Cloración

e) Tratamiento de los lodos

Estos se describirán con los dispositivos que componen a cada sistema en el capítulo II.

A continuación se describe los elementos del actual sistema de tratamiento del beneficio Santa Adelaida, las funciones que desempeñan. Ver figuras 1-1 y 1-2.

PRIMERA PILA SEDIMENTADORA

FUNCIÓN

Todo tanque sedimentador tiene la función de separar el agua de los sólidos, la cantidad que más se pueda, todo depende de las condiciones que anteceden a la zona de sedimentación como son la velocidad de entrada del flujo, la cual debe mantenerse constante y homogénea, de los dispositivos de pretratamiento y por supuesto de las características del agua a tratar.

El fenómeno que se da en el tanque sedimentador es por la acción de la gravedad ya que las partículas que tienen mayor peso específico que el agua sedimentan y se depositan en el fondo del tanque hasta que son removidas pasando a otro dispositivo que se encargará de estabilizarlas, las que no se sedimentan pasan a otro tratamiento secundario (sedimentador secundario) el cual se describirá más adelante.

Los tanques de sedimentación varían de forma, (cuadrada, rectangular y circular), operación y tamaño dependiendo del caudal y características del agua.

El Beneficio Santa Adelaida posee al principio de su tratamiento una especie de pila de retención que desempeña funciones de un sedimentador y en este caso primario ya que sus dimensiones de 18.51 mts. De largo, 2.08 mts. De ancho y con profundidad variable en toda su longitud, (ver figura 1-3 y 1-4) , no corresponde a las relaciones largo y ancho de un sedimentador. Las paredes de dicha pila son de ladrillos de barro con repello para evitar posibles filtraciones. Además cuenta con paredes internas que también son de barro, repelladas a ambas caras, las cuales actúan por rebalse, que van en forma ascendente en el sentido que el flujo entra.

La finalidad de la pila es darle un tratamiento preliminar al agua o sea sedimentar todo el mucilago, quedando retenidas en las cámaras.

Cada cámara desempeña la misma función de sedimentar las partículas con densidades mayores que las del agua, cuando el agua entra a la primera cámara lo hace con una velocidad que no permite que los sólidos con densidades menores se asienten, esto sólidos lo harían si se mantuviera la velocidad del flujo constante y homogénea, cuando el agua pasa a las siguientes cámaras arrastra partículas que se no pudieron ser asentadas en las cámaras anteriores.

Muchas partículas no sedimentan en la primera pila pasando en forma suspendida en el flujo hasta la segunda pila.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento consiste en retirar la acumulación de sedimentos (mucilago), lo cual se hace cada 5 días.

El mucilago que al entrar en contacto con el agua empieza a descomponerse despidiendo un olor desagradable en los alrededores de la pila ya que es a un costado de ella que se depositan, causando la proliferación de moscas. Todo esto causa un impacto negativo al ambiente que rodea el beneficio.

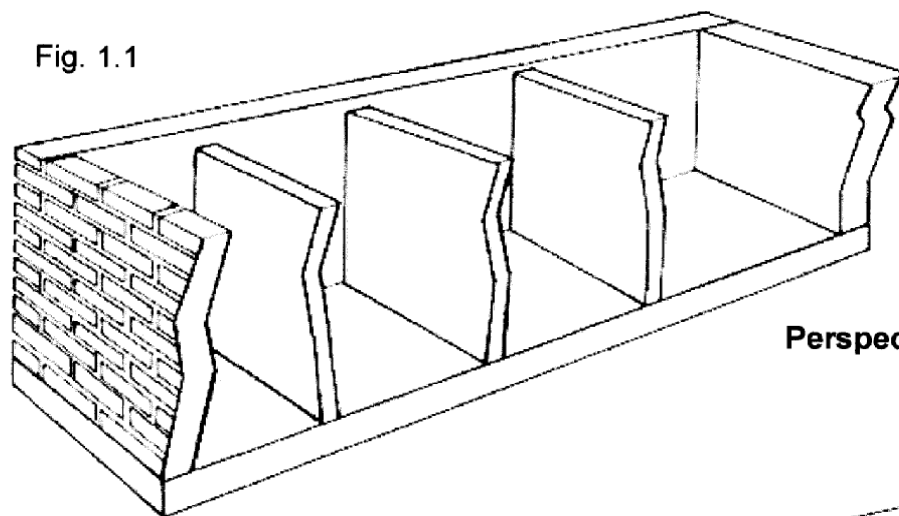
SEGUNDA PILA SEDIMENTADORA - FUNCIÓN

Los tanques de sedimentación secundaria reciben volúmenes de agua con sólidos orgánicos en suspensión los cuales todavía no pueden ser dispuestos.

Al igual que la primera pila esta, no se puede catalogar como un tanque sedimentador secundario ya que sus dimensiones no cumplen con la relación de largo de 4 veces el ancho (ver Figuras 1-2, 1-3 y 1-4).

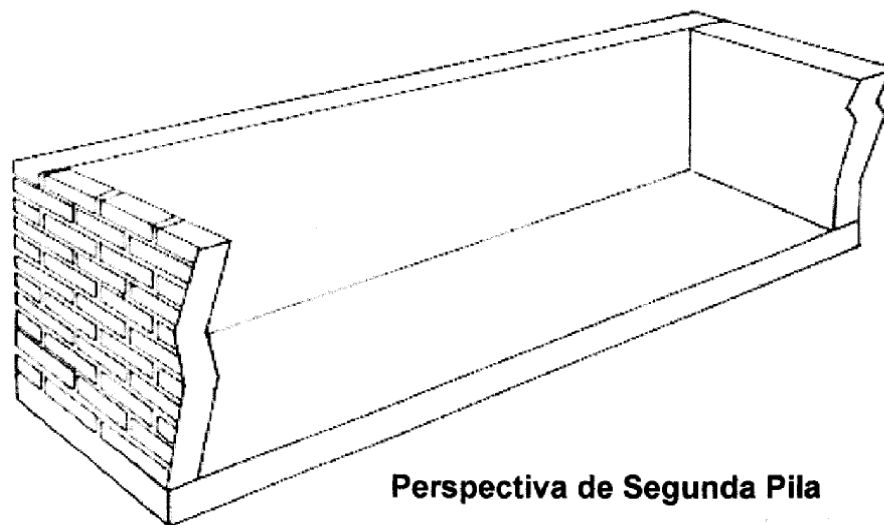
La función que desempeñan es idéntica a la de la primera pila es decir, sedimentar los sólidos cuya densidad es tan discreta que no pudieron ser sedimentadas en la primera pila

Fig. 1.1



Perspectiva de Primera Pila

Fig. 1-2



Perspectiva de Segunda Pila

FIG.1 - 3

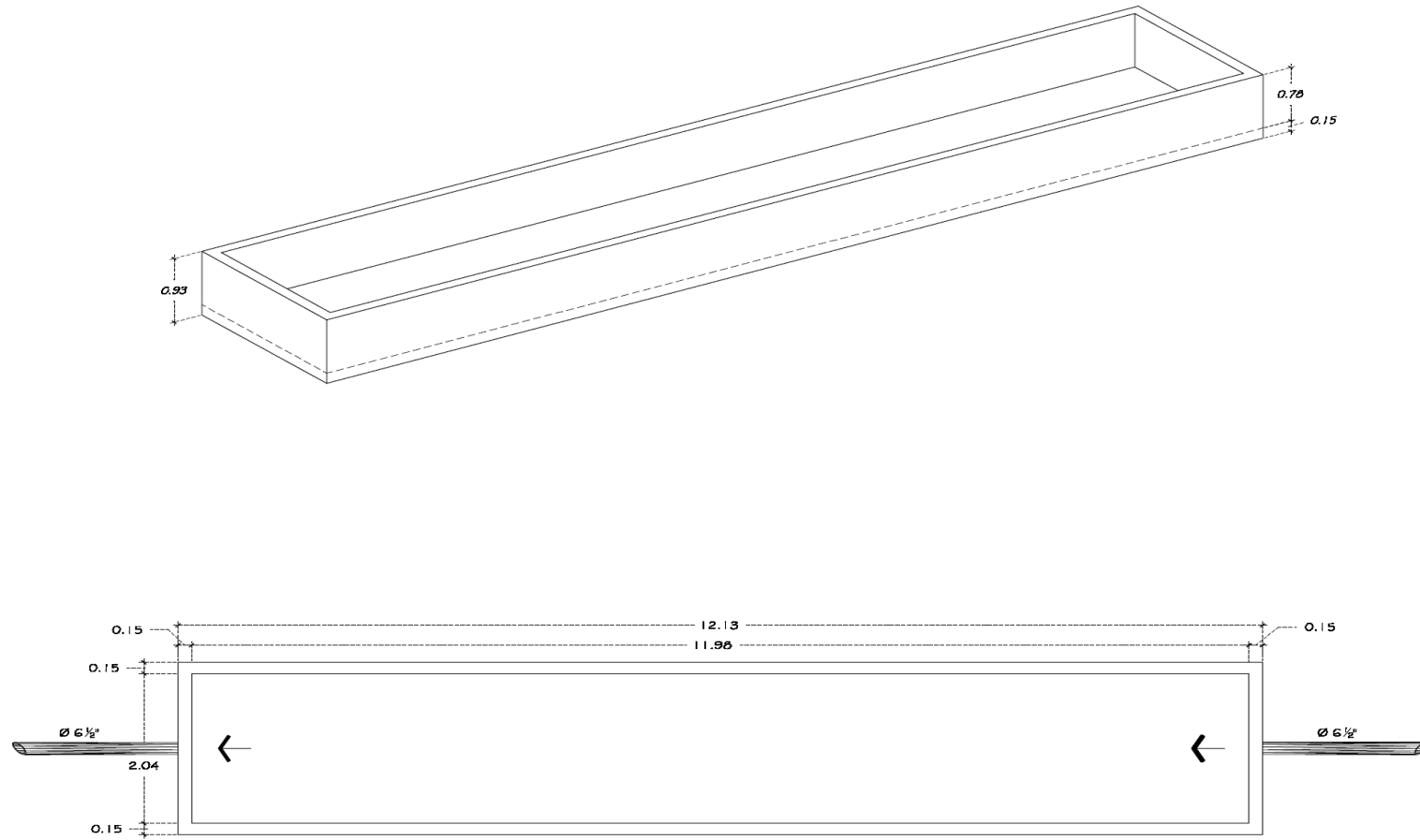
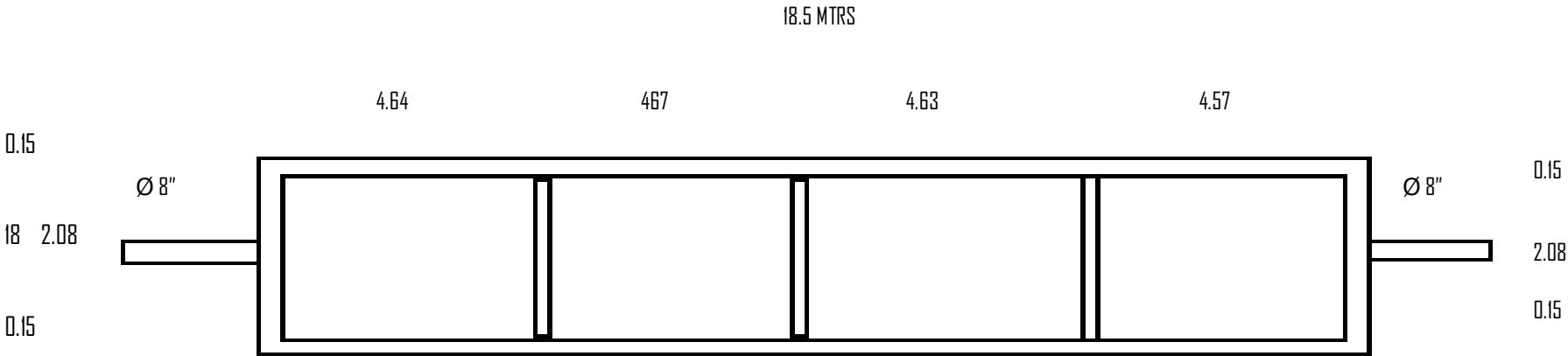
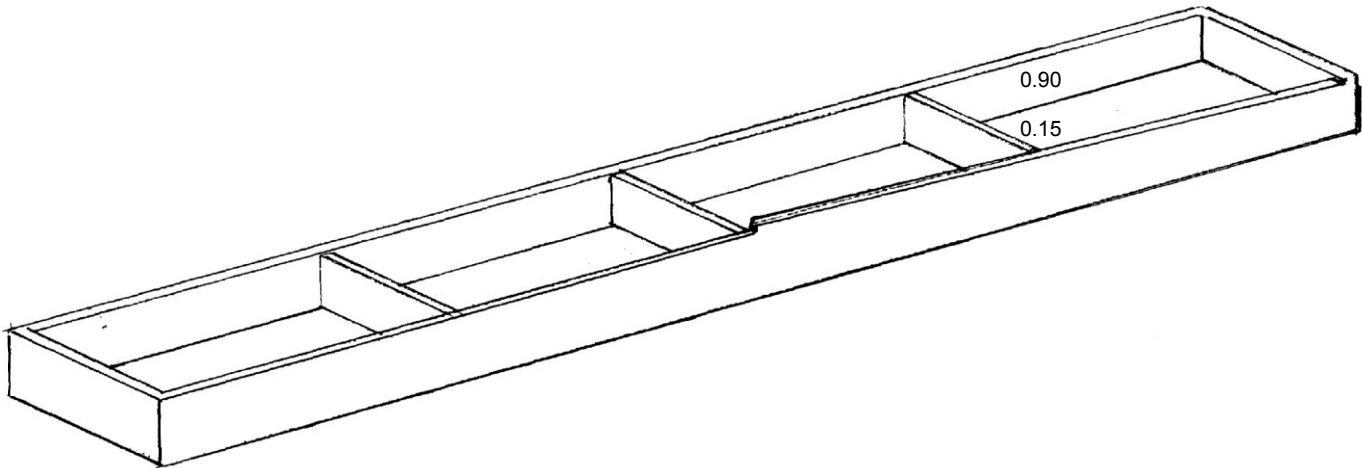


FIGURA 1 – 4



En la segunda pila las condiciones de la velocidad del flujo varían logrando este fenómeno, esta pila a su vez sirve como pila retenedora de agua.

MANTENIMIENTO

Al igual que el primer pila su limpieza se realiza manualmente y los residuos se disponen a un lado del tanque; siempre produciendo malos olores por su descomposición y el impacto negativo del ambiente.

CANALES O ZANJAS DE TIERRA

FUNCIÓN

Es servir como medio de transporte a las aguas mieles hasta el sitio de disposición final, está construido en forma de zanja; cuyas dimensiones son de 20 cms. de profundidad y 15 cms. de ancho aproximadamente. Este canal o zanja atraviesa una porción de la finca, siguiendo la forma topográfica del terreno y aprovechado siempre la pendiente para trabajar por gravedad.

DISPOSICIÓN FINAL

Su función es mantener retenido hasta que se infiltre o se evapore el agua que viene de la segunda pila sedimentadora.

La disposición se hace por medio de pozos o lagunamientos construidos en la superficie sin ningún revestimiento en las paredes donde se aloja el agua miel.

Los lagunamientos están dispuestos en serie y forma ramificada y conectadas entre sí por canales de tierra.

Estos lagunamientos actúan por rebalse ya que están dispuestos en forma descendente.

La cantidad de lagunamientos con que cuenta este beneficio son de 14 unidades, con dimensiones variables de 3 a 6 mts. de ancho y de 6 a 20 mts. de largo, respecto a la profundidad en que oscilan entre 1.0 mt, Estas lagunas tienen una capacidad, aproximada para albergar aguas mieles de 1,560 M³

Cabe enfatizar que para la construcción de estos lagunamientos no se hicieron cálculos ni diseño previo.

MANTENIMIENTO

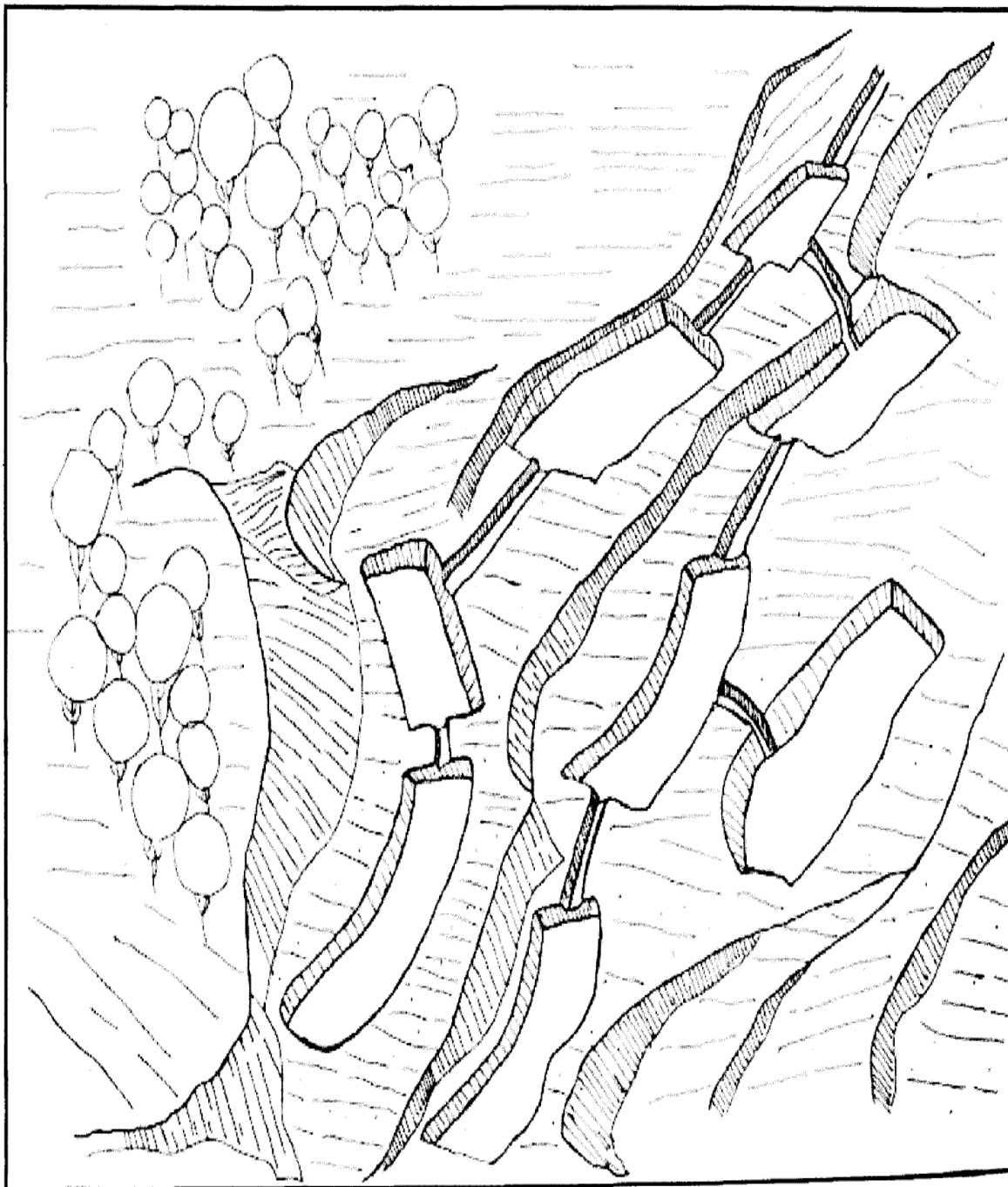
El mantenimiento que se le da a los lagunamientos es mediante la intervención de personal capacitado para dicha labor, el cual aplica un químico llamado micro fax que se utiliza para descomponer los sólidos suspendidos y evitar así que se produzcan olores desagradables.

La dosificación que se utiliza son dos frascos de microfax cada 7 días en el perímetro de cada laguna.

Figura 1-5

DISPOSICION FINAL (POZOS O LAGUNAMIENTOS)

(Sin Escala)



1.2.8 ESTADOS DE LAS AGUAS MIELES

Las características de las aguas mieles del beneficio Santa Adelaida son de alto riesgo para el medio donde se dispongan ya que la prueba realizada al agua (prueba anexa) demuestra que el oxígeno disuelto se ha agotado por completo, la turbidez es alta debido al contenido de materia orgánica, tanto la DBO y DBQ son elevadísimas y sobre la superficie de los tanques se forman capas de espumas debido a la acidez de las aguas. Esto indica que son un veneno latente que amenaza al medio, por lo que es necesario reducir los niveles de contaminación.

1.2.9 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

A pesar de los esfuerzos que el beneficio Santa Adelaida hace con el actual sistema de tratamiento que posee no logra el fin deseado por muchos factores, uno de ellos es la composición de las aguas mieles, tal como se demuestra en la prueba anexa, pero lo más importante es que el sistema no fue construido de acuerdo a un estudio técnico que permita una selección y dimensionamiento adecuado con los reactores y dispositivos necesarios para remover los contaminantes presentes en el agua residual.

La primera pila por ejemplo realiza una doble función, de sedimentar los sólidos que se tuvieron que retener en el pretratamiento, el cual no existe y sedimentar los sólidos para lo cual fue construido, lo que hace que se acumule grandes cantidades de sólidos, por lo que se tiene que limpiar con más

frecuencia (cada 5 días). Los sólidos retirados de los tanques no reciben ningún tratamiento.

Tanto la primera y la segunda pilas no cumplen con las normas de diseño ya que la relación largo — ancho está fuera de ella, por lo que desempeñan la función con bastante deficiencia, teniendo un funcionamiento de un 30%.

Los sólidos retirados de las pilas son depositados a un costado de cada una, lo que genera un desagradable olor en los alrededores.

Este sistema no posee dispositivos para estabilizar lodos, lo que constituye otro error en el sistema.

En la disposición final los pozos o lagunamientos son construidos sin ningún predimensionamiento, desperdiciando así el terreno.

En general el actual sistema de tratamiento no cumple con la función deseada por estar desprovisto de los elementos necesarios y un diseño técnico adecuado, por lo cual esta agua son un peligro latente al medio natural que rodea al beneficio.

FLUJOGRAMA DE RECORRIDO DE AGUA MIEL

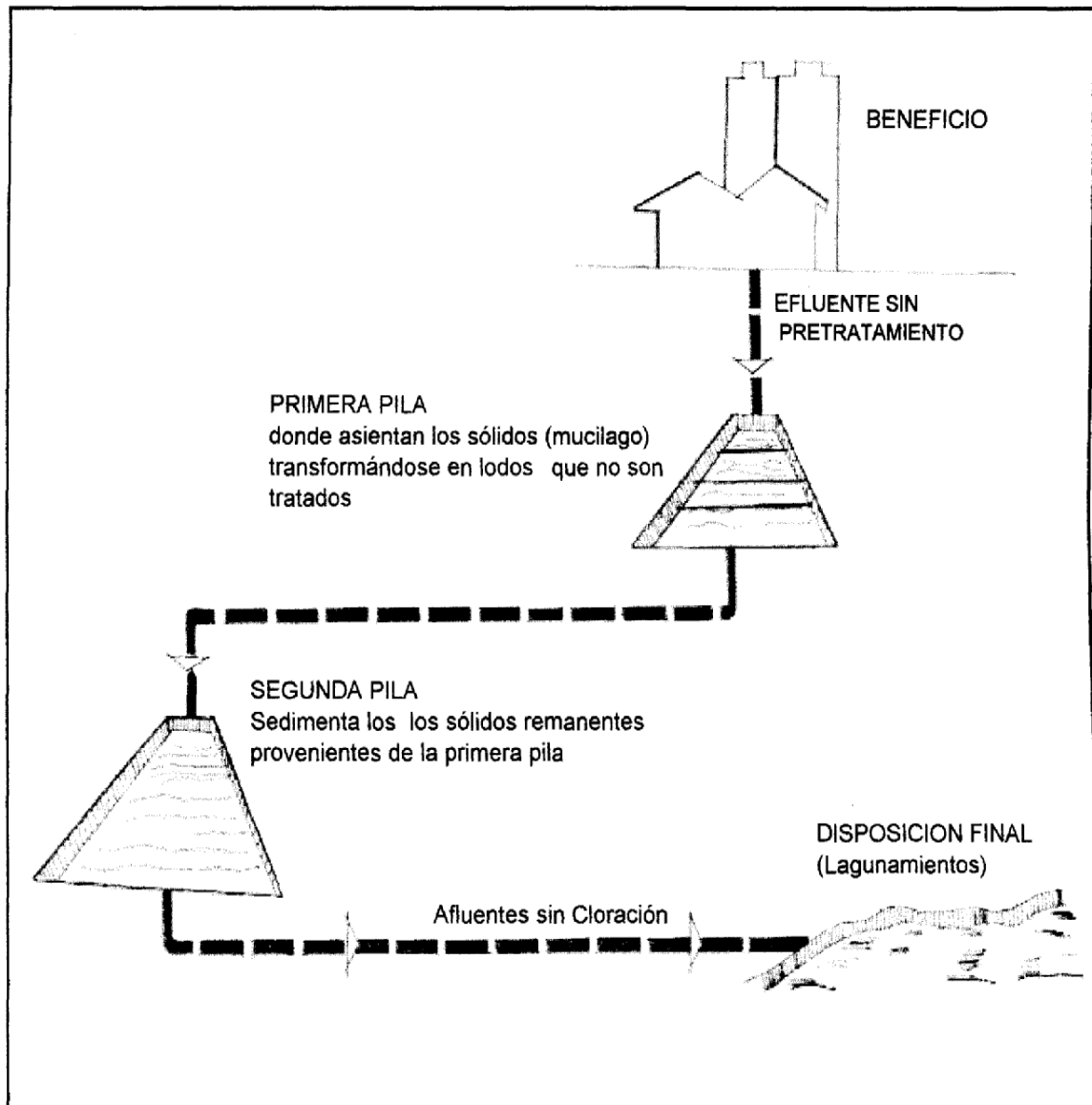
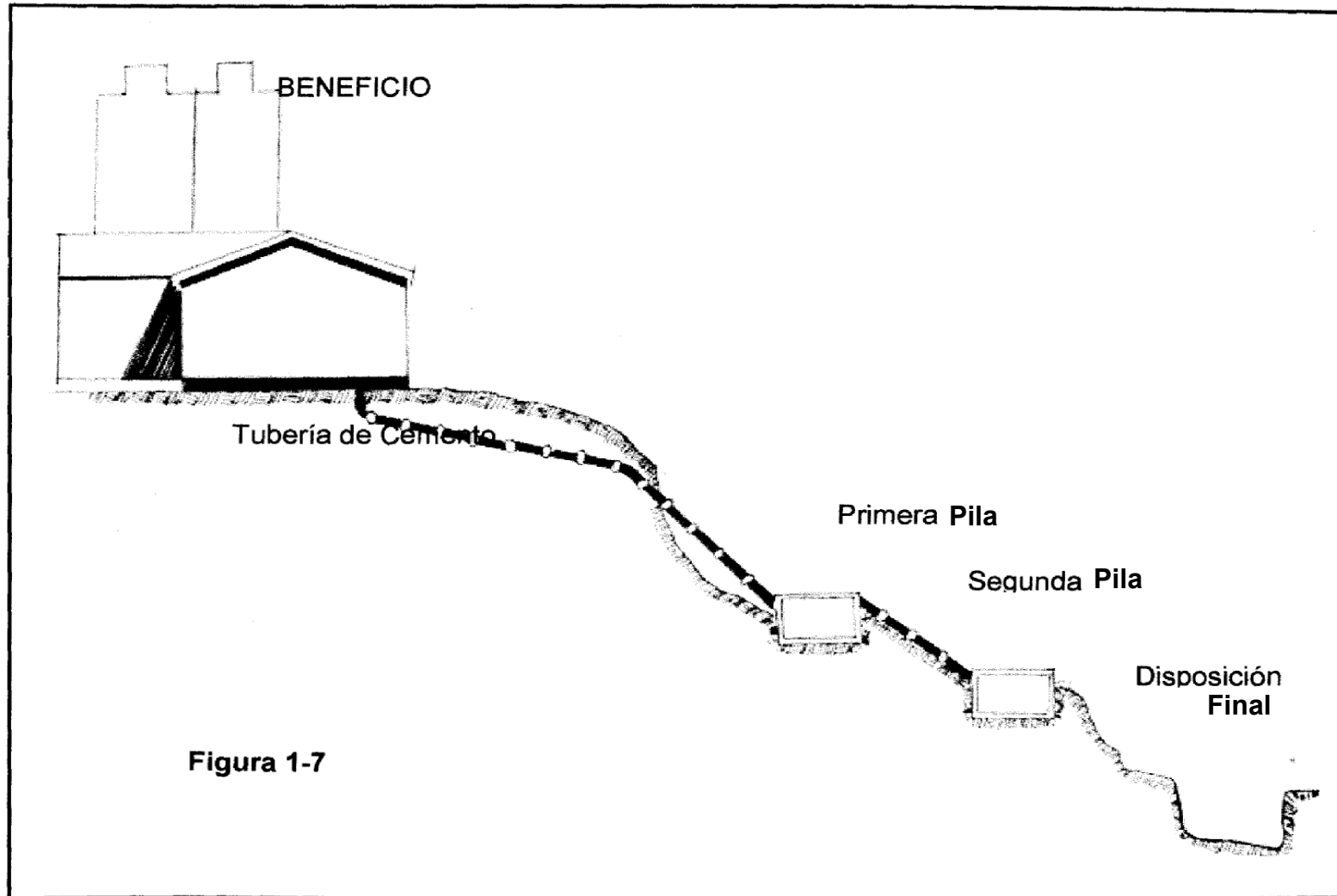


Figura 1-6

...

PERFIL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (Sin Escala)





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

DATOS GENERALES

MUESTRA 98010189

Muestra: AGUA MIEL BENEFICIO
Nombre: IVAN OMAR CAMPOS
Propiedad:
Dirección:
Teléfono: 260-5802

Fax:

FECHAS

Recibido: 21-01-98
Análisis: 21-01-98
Reporte: 29-01-98

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

EL Salvador, C.A.

Apdo. Pral. 01-278

Tels.: (503) 278-9092

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	RANGO
A001 pH	4.43		8.5 - 8.5
A011 Nitratos	48.13	mg/L	10
A013 Sólidos Totales	16225.00	mg/L	1000
A014 Sólidos Disueltos	9976.00	mg/L	1000
A022 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	7762.50	mg/L	< 8
A023 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	13065.73	mg/L	< 7.5
A025 Sólidos Suspendidos	6209.00	mg/L	S.R.D.
A034 Nitrógeno	621.23	mg/L	S.R.D.
A037 Oxígeno Disuelto	N.D.	mg/L	S.R.D.
A042 Turbidez	259.00	UNT	0 - 5





FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL
Laboratorio de Calidad Integral

UNIDAD DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES

REPORTE DE ANÁLISIS EN AGUAS

OBSERVACIONES

Nota: Esta muestra NO fue tomada por Calidad Integral.

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscatlán,

El Salvador, C.A.

Apdo. Ptal. 01-278

Tels.: (503) 278-9092

278-9064

Fax: (503) 278-9102

Correo Electrónico:

labfus@es.com

N.D.: No Detectable

S.R.D.: Sin Rango Definido

Encargado Unidad Suelos, Aguas y Foliar

Lic. Regina del Carmen Cortez R.



Gerente Técnico

Dra. Ana Vilma Herrera



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2 - GENERALIDADES SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Para disponer de *las aguas negras* (término que se utiliza para generalizar las aguas contaminadas ya sea por procesos industriales o desechos humanos) es necesario que éstas pasen por un conjunto de elementos que desempeñan fases sucesivas las cuales están ligadas entre sí, y relacionadas con fenómenos naturales y operaciones artificiales para contribuir al fin deseado que en este caso es reducir el grado de contaminación de las aguas negras.

El tratamiento de las aguas negras tiene desarrollo histórico, muchos son los científicos que han estudiado y mejorado los sistemas de tratamiento, pero siempre basadas en el principio de la separación de la mayor cantidad de posible de materia orgánica e inorgánica del agua, la tabla 2.1 muestra la historia del tratamiento de las aguas negras.

Para conocer lo que hace un sistema de tratamiento a las aguas negras debemos de conocer las características de éstas y ciertas diferencias que nos ayudarán a comprender mejor.

DESARROLLO HISTÓRICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA	DESARROLLO
A. de Cristo	Irrigación con aguas Residuales
1550	Utilización de aguas residuales para agricultura en Alemania
1700	Utilización de aguas residuales para agricultura en Alemania
1762	Precipitación química de aguas residuales en Inglaterra
1860	Dispositivo de mouras para tratar anaeróbicamente los sólidos de las aguas residuales
1865	Primeros experimentos sobre microbiología de digestión de fangos en Inglaterra
1868	Primeros experimentos sobre filtración intermitente de aguas residuales en Inglaterra
1870	Primeros experimentos sobre filtración intermitente en arena en Inglaterra
1876	Primeros fosas sépticas en Estados Unidos
1882	Primeros experimentos sobre aireación en alcantarillas de Inglaterra
1884	Primeras rejillas de desbaste en Estados Unidos
1887	Estación experimental Lawrence establecida por el Massachusetts State, Board of Health (Comité de Salud Pública de Massachusetts) para el estudio del agua y aguas residuales
1889	Filtración de lechos de contacto en la estación experimental Lawrence Massachusetts
1891	Digestión de fangos en lagunas de Alemania
1895	Recogida de metano en las fosas sépticas de y su utilización para alumbrado de una fábrica de Inglaterra
1898	Distribuidores giratorios para filtros percoladores
1904	Primeros tanques desarenadores en Estados Unidos
1904	Fosa (hidráulica) séptica Travis de dos pisos en Inglaterra
1994	Tanque Imhoff presentado en Alemania 1906 Cloración de agua residual para desinfección demostrado por Phelps en Estados Unidos
1908	Primera instalación municipal de un filtro percoladores
1908	Formulación de leyes sobre desinfección por Chick en Estados Unidos
1911	Primeros tanques Imhoff en Estados Unidos
1911	Digestión separada de fangos en Estados Unidos
1912	Aireación de aguas residuales en tanques conteniendo pizarra en la estación experimental Lawrence
1914	Experimentos por Andern y Lockett que llevaron al desarrollo de los procesos de fangos activados
1915	Primera planta Municipal para el tratamiento por fangos activados que se construye en Estados Unidos
1925	Aireador de contacto desarrollado por Buswell en Estados Unidos

Tabla 2.1

Fuente: tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Metcalf--Eddy

El agua potable, es aquella la cual carece de elementos nocivos es inodora, insípida y clara, o puede decirse que no se ha alterado sus características físicas, químicas y biológicas o que sus características han sido alteradas pero en concentraciones que no afectan la salud del ser humano.

Por lo contrario, las aguas negras contienen incontables microorganismos vivos, materia orgánica e inorgánica en concentraciones que son capaces de afectar la salud de los humanos si se consume sin un tratamiento adecuado, además muchas de sus características físicas, químicas y biológicas han sido modificadas. (Ver tabla 2.2).

En su estado las aguas negras pasan por tres condiciones, la tercera depende si ésta recibe un tratamiento, los estados van asociadas a la descomposición que éstas presentan y en las que actúan las bacterias, el primer estado son las aguas negras frescas, las cuales están en su estado inicial; luego pasan a ser aguas negras sépticas, en las cuales se han agotado el oxígeno y entran en un estado de descomposición anaeróbico, El tercer estado es las aguas negras estabilizadas, en las cuales los sólidos son relativamente inertes y el oxígeno está nuevamente presente.

Se mencionó anteriormente que el agua negra contiene organismos microscópicos (bacterias y otros organismos más complejos), las cuales desempeñan un papel sumamente importante ya que son los que se encargan de degradar y descomponer los sólidos hasta lograr que sean relativamente inertes.

Tabla 2.2

CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL	
PARAMETRO	ORIGEN
FISICAS Sólidos Temperatura Color Olor	Suministro de agua, residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Agua residual en descomposición, residuos industriales
QUIMICAS Orgánico Proteínas Carbohidratos Grasas Animales Aceites y grasas Minerales Agentes tenso activos Fenoles Pesticidas Inorgánico PH Cloruros Alcalinidad Nitrógeno Fósforo Azufre Compuestos tóxicos Metales pesados Gases: Oxígeno Sulfuro de hidrogeno Metano	Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales y domésticos Residuos industriales, comerciales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales Residuos agrícolas Residuos industriales Suministro de agua doméstica, residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas Suministro de agua doméstica, infiltración de aguas subterráneas Residuos agrícolas y domésticos Residuos industriales y domésticos, derrame natural Suministro de agua doméstica y residuos industriales Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas Residuos industriales Suministro de agua doméstica, infiltración de aguas en la superficie Descomposición de aguas domésticas Descomposición de aguas domésticas
BIOLOGICAS Protistas Virus Plantas Animales	Residuos domésticos, plantas de tratamiento Residuos domésticos Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento

Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales –

Metcalt - Eddy

Hay una gran variedad de clasificaciones de microorganismos las cuales van desde el consumo de energía y de carbono hasta temperaturas.

Ciertos organismos para que realicen sus funciones vitales requieren de fuentes de energía y de carbono para la formación de una sustancia compuesta mediante la combinación de otras más sencillas. Los elementos inorgánicos, tales como nitrógeno, el fósforo y otros elementos que han dejado indicio de que existieron como el azufre, potasio, calcio y magnesio son también útiles para la formación de sustancias para la célula. Dos fuentes más comunes del carbono celular para los microorganismos son el anhídrido carbónico y la materia orgánica. Si un organismo obtiene su carbono celular a partes del anhídrido carbónico se llama autótrofos, si utilizan carbono orgánico se llama *Heterótrofos*. En organismos autótrofos hay una subdivisión dependiendo de la fuente de energía, si la energía fuere solar, al organismo se le denomina autótrofos fotosintético, si la fuente de energía es proporcionada por reacción inorgánica de oxidación-reducción se les conoce como autótrofos *quimiosintéticos*.

En los organismos heterótrofos, la energía requerida para la síntesis celular procede de la oxidación o de la fermentación de la materia orgánica. Ver tabla 2.3

Tabla 2.3

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS MICROORGANISMOS SEGÚN SUS FUENTES DE ENERGÍA Y DE CARBONO		
Clasificación	Fuente de energía	Fuente de carbono
Autótrofos	Luz	
Fotosíntesis	Reacción inorgánica	CO ₂
Quimiosintéticos	Oxidación – reducción	CO ₂
Heterótrofos	Reacción inorgánica	
	Oxidación – reducción	CO ₂

Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales

Metcalf – Eddy

BACTERIAS: son organismos vivos, su reproducción habitual es por un proceso de división celular aunque algunas especies se reproducen sexualmente o por germinación, las hay en forma variada, esféricas, cilíndricas y helicoidales, los tamaños son microscópicos; pero un tamaño representativo sería de 0.5 a 1.0 μ m de diámetro, en el caso de bacterias esféricas, de 0.5 a 1.0 μ m de anchura por 1.5 a 3.0 μ m de longitud para las cilíndricas y de 0.5 a 5 μ m de anchura por 6 a 15 μ m de longitud para las helicoidales, constan de una sola célula y su proceso vital así como sus funciones son similares a los vegetales.

La bacteria requiere como todos los organismos vivos alimento, oxígeno, agua y temperaturas adecuadas para subsistir.

Las temperaturas y el pH tienen un papel vital en la vida y muerte de las bacterias así como en otras plantas y animales microscópicos. Los intervalos típicos de temperaturas para bacterias y la clasificación según su grado de desarrollo, se detallan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

INTERVALOS TIPICOS DE TEMPERATURA PARA DIVERSAS BACTERIAS		
TIPO	Temperatura en °C	
	INTERVALO	OPTIMA
Criófilas	-2 – 30	12 – 18
Mesófilas	20 – 45	25 – 40
Termófilas	45 - 75	55 - 65

Fuente: Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales – Metcalf – Eddy

En los métodos de tratamiento biológico, se necesita que la materia orgánica presente en el agua se descomponga en sólidos orgánicos e inorgánicos por la cual las bacterias heterótrofas constituyen por la actividad que realizan de alimentarse de materia orgánica una gran importancia.

2.1 CICLO AEROBIO Y ANAEROBIO

Las bacterias se dividen también por el consumo de oxígeno las que solo pueden asimilar el oxígeno moléculas u oxígeno disuelto se llaman bacterias aerobias y el proceso de descomposición de sólidos orgánicos que realizan se denominan descomposición aerobia, dicha descomposición puede ser ya sea por oxidación o degradación, en este tipo de descomposición no se producen olores ofensivos ya que el oxígeno disuelto está presente.

Las bacterias anaerobias son las que no pueden existir en presencia del oxígeno disuelto, para obtenerlo descomponen los sólidos orgánicos y algunos inorgánicos, el proceso de degradación de sólidos que lleva a cabo se les conoce como descomposición anaerobia, ya que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, la característica principal es que producen olores ofensivos.

Algo que esta muy ligado a las bacterias anaerobias y aerobias son sus correspondientes ciclos, los cuales se describen a continuación.

2.1.1 CICLO AEROBIO

En este se distinguen tres fases:

Una fase en la que hay abundamiento de alimento, la remoción de la DBO, es rápida y consiste en la transformación del sustrato en materia celular y compuesta almacenadas en las células, hay consumo constante y máximo de oxígeno y aumento de nitrógeno en las células.

Una fase de la actividad decreciente hay limitación del alimento, las células liberan materia almacenada y las oxidan, hay autooxidación de las células, disminuye la concentración de SSV (sólidos suspendidos volátiles). El consumo de oxígeno es máximo y luego disminuye.

Una fase endógena, ya se ha removido y degradado la materia orgánica putrescible, la DBO es mínima la concentración de microorganismos llega a una cifra estable, es un poco mayor a la inicial y el consumo de oxígeno es mínimo.

2.1.2 CICLO ANAEROBIO

Se utiliza en la conversión de los sólidos suspendidos y solubles en productos gaseosos (CO_2 y CH_4). En el proceso la materia orgánica se mezcla con cultivos masivos de microorganismos en ausencia de oxígeno, con la conversión de la materia orgánica a metano, se produce muy poca energía y el crecimiento o síntesis de organismos es lento y pequeño.

El proceso de la digestión anaeróbica se produce en dos etapas en las que la materia orgánica se solubiliza para ser transformadas por bacterias

productoras de ácidos, en ácidos volátiles, CO_2 , hidrogeno, otros productos intermedios y células; un segundo grupo de bacterias metánicas toman los ácidos volátiles y los transforma en metano CO_2 y bacterias.

El tiempo de contacto en la digestión es mayor que el necesario en la oxidación biológica, es parte muy importante del proceso anaerobio y depende de la temperatura a que se realice el proceso.

Otros microorganismos que tienen importancia en el proceso de tratamiento son: organismos microscópicos, los que están presentes en gran cantidad, no así en densidades tan grandes como las diversas especies de bacterias, su estructura es más compleja, algunos son animales y otros vegetales, algunos con capacidad de moverse otros no. Al igual que las bacterias requieren alimentos, oxígeno, humedad y temperaturas adecuadas para desarrollarse. Pueden ser anaerobias, aerobias o facultativas en lo que respecta a la asimilación de oxígeno.

Los organismos macroscópicos también forman parte de la descomposición de la materia orgánica son visibles y en éstas se incluyen alguna variedad de gusanos e insectos en pleno desarrollo.

La otra forma de vida que existe en las aguas negras son los *virus*, son las más pequeñas estructuras biológicas que contienen la formación necesaria para su propia reproducción, éstos no aportan ningún beneficio al tratamiento por lo contrario son los causantes del desarrollo de enfermedades en el hombre.

2.2 PROCESO TIPICO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS

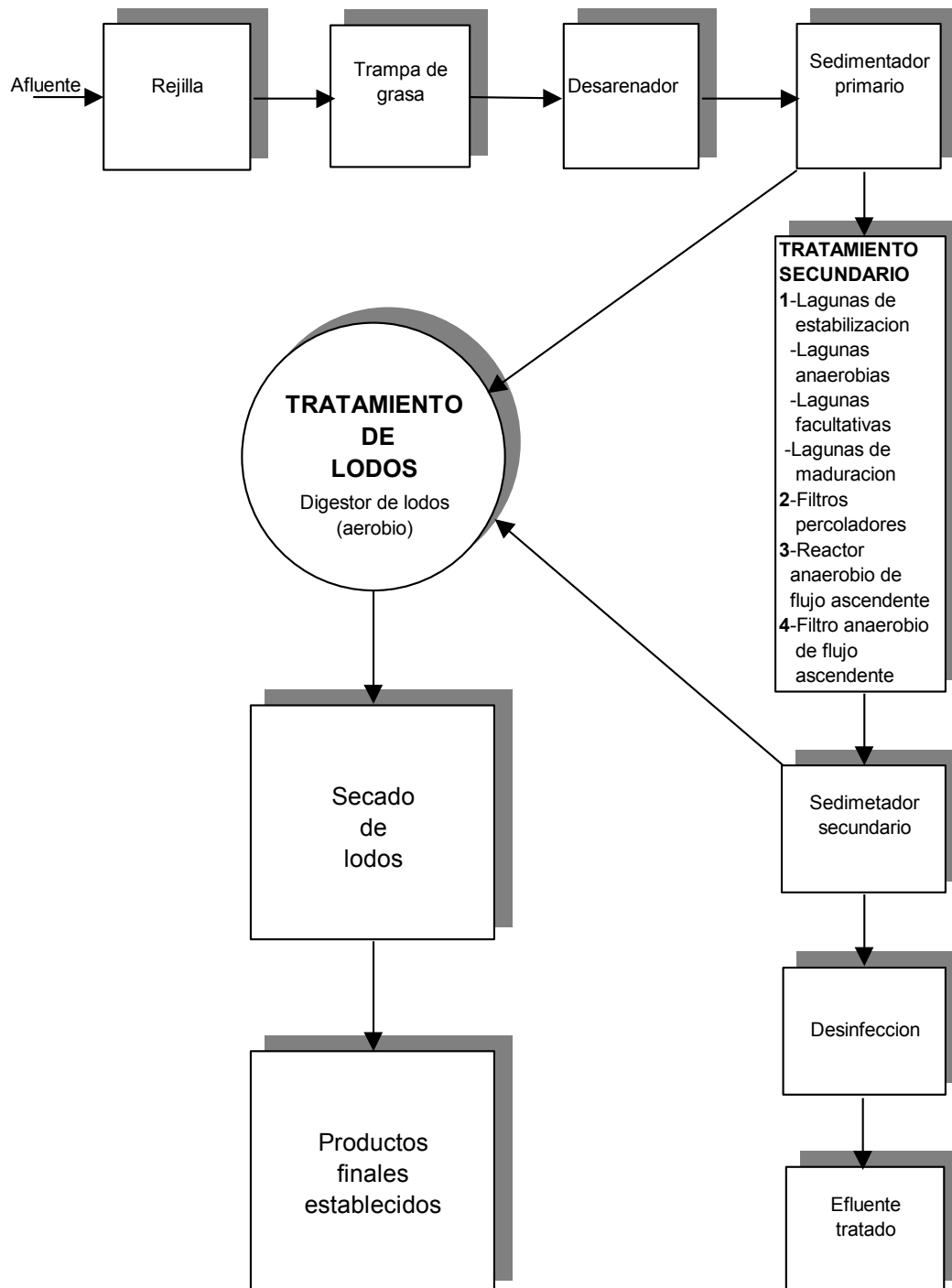
Ya se hablo de los organismos que se encargan de descomponer la materia hasta convertirla en materia inerte o estabilizada, pero para que esto suceda se debe implementar procesos y dispositivos diseñados para controlar las actividades de estos organismos.

El conjunto de procesos biológicos, químicos y físicos y los dispositivos conforman un sistema de tratamiento que interactuando entre sí, es posible verificar las diferentes etapas que se dan en él.

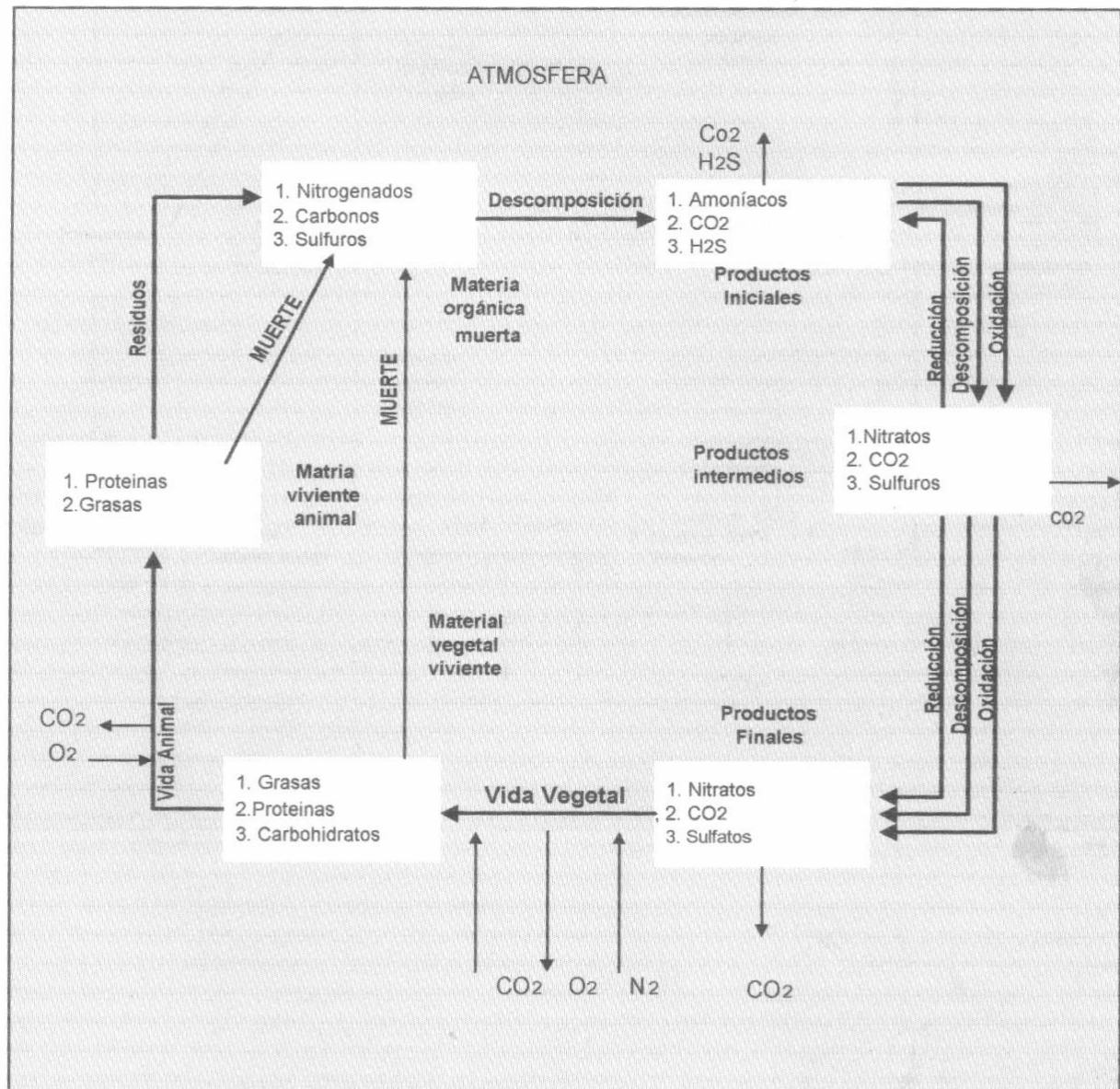
Las aguas negras deben pasar por una serie de procesos, de los cuales se describirán los elementos que lo conforman. Dichos procesos unitarios son los que podrían utilizarse en nuestro medio por la tecnología y costo.

- 1) Tratamiento preliminar
- 2) Tratamiento primario
- 3) Tratamiento secundario
- 4) Desinfección
- 5) Tratamiento de sólidos sedimentados

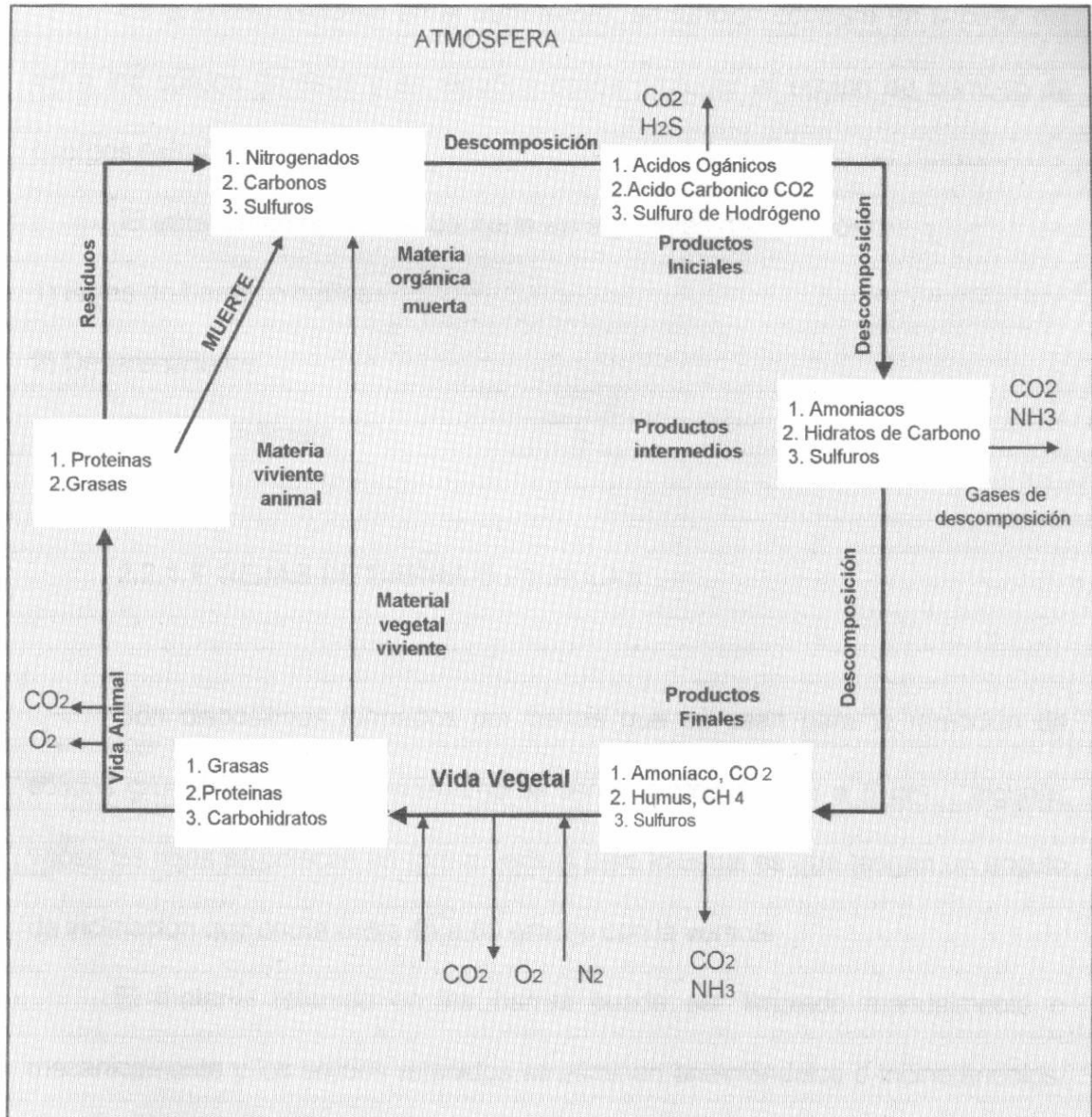
FLUJOGRAMA DE TRATAMIENTO TIPICO DE AGUAS NEGRAS



EL CICLO AEROBIO



EL CICLO ANAEROBIO



2.2.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR (PRE- TRATAMIENTO)

Es el primer proceso en el tratamiento, su función consiste en separar del agua los sólidos gruesos y en algunos casos proteger el equipo de bombeo de cuerpos extraños.

El tratamiento preliminar contiene los siguientes dispositivos:

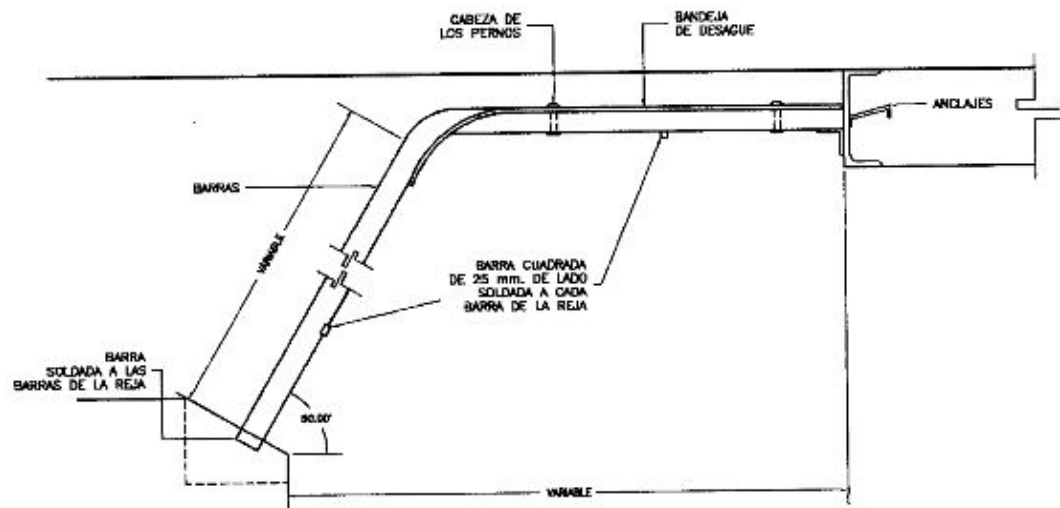
- 1) Rejas de barras o rejillas
- 2) Desarenadores
- 3) Tanques de sedimentación

2.2.1.1 REJAS DE BARRA O REJILLAS

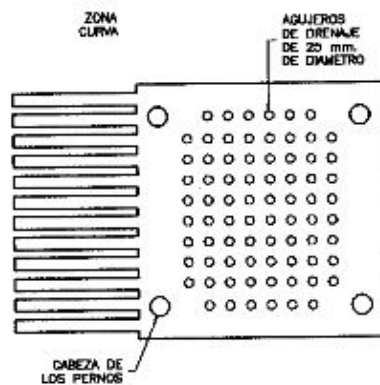
Son dispositivos formados por barras que se usan para la remoción de sólidos gruesos flotantes. Generalmente tienen claros de 2.5 a 5 cm., algunas veces las rejas se colocan en forma vertical pero lo usual es que tengan un ángulo de inclinación que oscila entre 45 a 60 grados con la vertical

El material retenido en las barras puede ser limpiado manualmente o mecánicamente y los sólidos retenidos se eliminan enterrándolos o incinerándolos. Para aguas residuales el espaciamiento libre entre las barras es de 60 a 100 mm. para material grueso y para material fino el espaciamiento libre generalmente es de 10 a 25 mm.

Las barras deben ser de un material que no sea corrosivo, se debe respetar los espaciamientos, el área de la rejilla debe ser mayor que el área a proteger.



**DETALLE DE UNA REJA
DE BARRAS DE ALUMINIO**



**PLANO DE LA BANDEJA
DE DESAGUE**

FIG. 2 - 3

Tabla 2-5

CARACTERÍSTICAS DE LAS REJAS DE BARRAS

Concepto	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra:		
Anchura, en cm.	0,6-1,5	0,6-1,5
Profundidad en cm.	2 5-7 5	2 5-7 5
Separación, en cm.	2,5-5	1,6-7,5
Inclinación respecto a la vertical en °C	30-45	0-30
Velocidad de aproximación, en m/s	0,3-0,6	0,6-0,9
Pérdida de carga admisible, en cm.	15	15

Formulas para diseño de Rejillas:

$h_v = \beta (W/\Theta)^{4/3} \cdot V^2 / 2g \sin \Theta$, donde :

h_v = Pérdida de carga en mt. W = ancho de rejilla

Θ = ancho del área que se desea proteger

Θ = inclinación que tiene la rejilla debe corresponder a 1:3 - 1:6

β = Factor de forma (Según tipo de barra a utilizar)

β = 1.79 barras redondas

β = 2.42 barras rectangulares

Algo muy importante es que deberán instalarse por lo menos dos unidades en forma paralelo, de tal manera que al darle mantenimiento a una, la otra pueda funcionar.

2.2.1.2 DESARENADORES

En ellos se da el fenómeno de la sedimentación son los encargados de remover sólidos inorgánicos como arena, cenizas, gravas y cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superior de los sólidos orgánicos.

Se diseña generalmente en forma de grandes canales, en los canales la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados manteniéndose en suspensión los orgánicos.

Los desarenadores de canal deben diseñarse de manera que la velocidad se pueda controlar para que se acerque lo más posible a 30 cm/seg. , el tiempo de retención debe de basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse y generalmente varía de 20 segundos a 1 minuto.

El tamaño de las partículas oscila entre 0.2 y 2mm, con pesos específicos de 2.65.

DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL

Al final del canal se construyen vertederos que mantienen la velocidad constante en un canal rectangular cuando en éste varia la profundidad.

En el diseño de este tipo de desarenadores las partículas más ligeras deben alcanzar el fondo del canal antes de su extremo de salida.

La longitud del canal esta regido por la profundidad que requiere la velocidad de sedimentación y las secciones de control y el área de la sección transversal lo será por el caudal y el número de canales. Además deberá incluirse una longitud extra debido a la turbulencia que se produce en la entrada y salida, esta longitud es aproximadamente el doble de la profundidad máxima del flujo o puede calcularse como el 50% de la longitud teórica.

Para fines prácticos se utiliza la relación que la longitud es igual a diez veces lo ancho. En la parte inferior poseen generalmente una sección transversal rectangular, las cuales están bordeados por una capa de drenaje subyacente, sobre la sección de drenaje, existe un canal Trapezoidal que facilita el transporte de arena depositado en los bordes exteriores hacia el área de recolección de arena.

2.2.1.3 VERTEDEROS

Un vertedero de escurrimiento proporcional consiste en una combinación de vertedor y orificio.

En los vertederos de escurrimiento proporcional, el orificio tiene un borde recto horizontal, que comprende el vertedor.

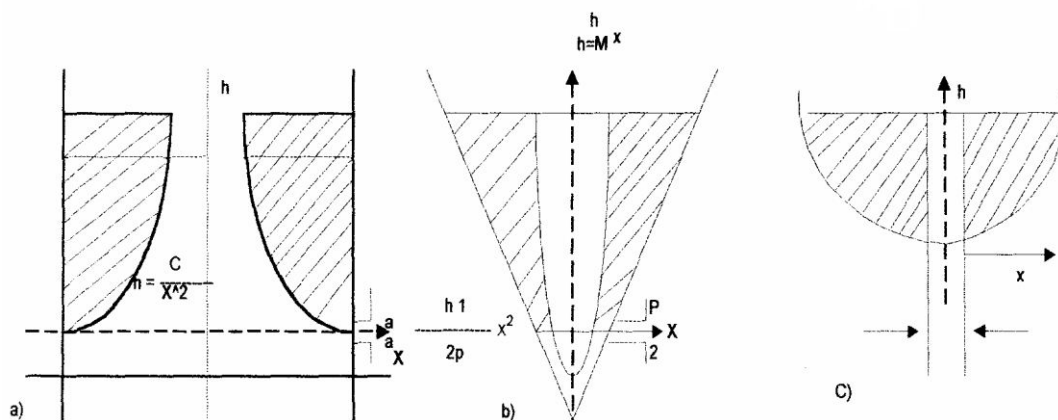
Los dos lados del orificio están curvados de tal modo que el área de la sección transversal del orificio disminuye como la potencia tres medios del movimiento del tirante sobre el vertedor.

Este dispositivo nos produce una velocidad uniforme a través de la sección transversal de la cámara desarenadora. Las causas de la falta de uniformidad se deben a dos causas:

1. La velocidad a lo largo del fondo de la cámara será mayor que cerca de la superficie y,
2. Al borde de la cresta del vertedor debe estar alguna distancia finita sobre el fondo de la cámara desarenadora, usualmente unos 30 cm.

Cuando menor sea esta distancia, más cerca estará la velocidad media de ser constante, pero mayor será la velocidad máxima que se registre en el fondo de la cámara, que podrá remover el material depositado.

Figura 2-5



a) Sección Transversal Rectangular

$$h = \frac{V^2 B^2}{8g} + \frac{1}{x^2}$$

$$a = \frac{V^2}{2g}$$

$$c = \frac{V^2 B^2}{8g}$$

$$x = \frac{V^2 B}{\sqrt{2g}} + \frac{1}{\sqrt{h}}$$

b) Sección Transversal Triangular

$$x = \sqrt{2 \cdot p \cdot h}$$

$$h = \frac{2 \cdot v}{\sqrt{3pg}} \cdot x$$

$$m = \frac{2 v}{\sqrt{3pg}} \cdot x$$

c) Sección Transversal parabólica en la práctica forma trapezoide

$$x = \frac{b}{2}$$

$$H = \frac{6.v^2}{g.b^2} \cdot x^2$$

En este caso:

V = Velocidad del flujo en las trampas de arena por lo menos 0.30 m/s

P = El doble de la distancia desde el fondo de la parábola hasta el eje x

2.2.1.4 CONDUCTO AFORADOR PARSHALL

Son elementos que permiten medir cargas hidráulicas o caudal de entrada al sistema de tratamiento.

Es indispensable diseñar y construir un medidor de regulación de flujo o un vertedero o canaleta Parshall.

Este esta constituido por tres partes fundamentales que son la entrada, la garganta y la salida.

La entrada esta formada por dos paredes verticales simétricas y convergentes y de un fondo o plantilla que es horizontal.

La garganta esta formada por dos paredes también verticales pero paralelas y el fondo es inclinado con una pendiente de 2.67: 1.

La salida por dos paredes verticales divergentes y el fondo es ligeramente inclinado hacia arriba, la arista que se forma por la unión del fondo de la entrada y el de la garganta se le llama Cresta del medidor y a su longitud (la distancia entre las paredes de la garganta) se le llama Tamaño del medidor y se le designa por la letra W.

Tiene a estructura dos pozos amortiguadores que sirven para medir con precisión cargas H_a y H_b , antes y después de la cresta y comunicadas a ella por tubería que se conecta a puntos bien definidos de la entrada y la garganta.

Conviene aclarar que las cargas H_a y H_b son a partir de la cota de la cresta y por lo que el cero de las escalas están a nivel de piso de la entrada dicha escalas se pueden colocar o dibujar directamente sobre las paredes de

estructura cuando es pequeña (de unos 0.15 m) y se desea suprimir la cámara de reposo.

Los valores de m y n varían con el tamaño del medidor. Para W0.3-15

Parshall encontró que puede aplicarse la siguiente ecuación:

$$Q = m (Ha)^n$$

La cual expresa el gasto en función de Ha en unidades del sistema métrico.

Para W = 0.15 m

$$Q = 0.3812 (Ha)^{1.58}$$

Para W comprendido entre 0.30 y 2.50 m

$$Q = 0.372 W ((3.281 Ha)^{1.57} W^{0.026})$$

Para W comprendido entre 2.50 m y 15.00 m

$$Q = ((2.293 + 0.474)Ha)^{1.6}$$

Tabla 2.6

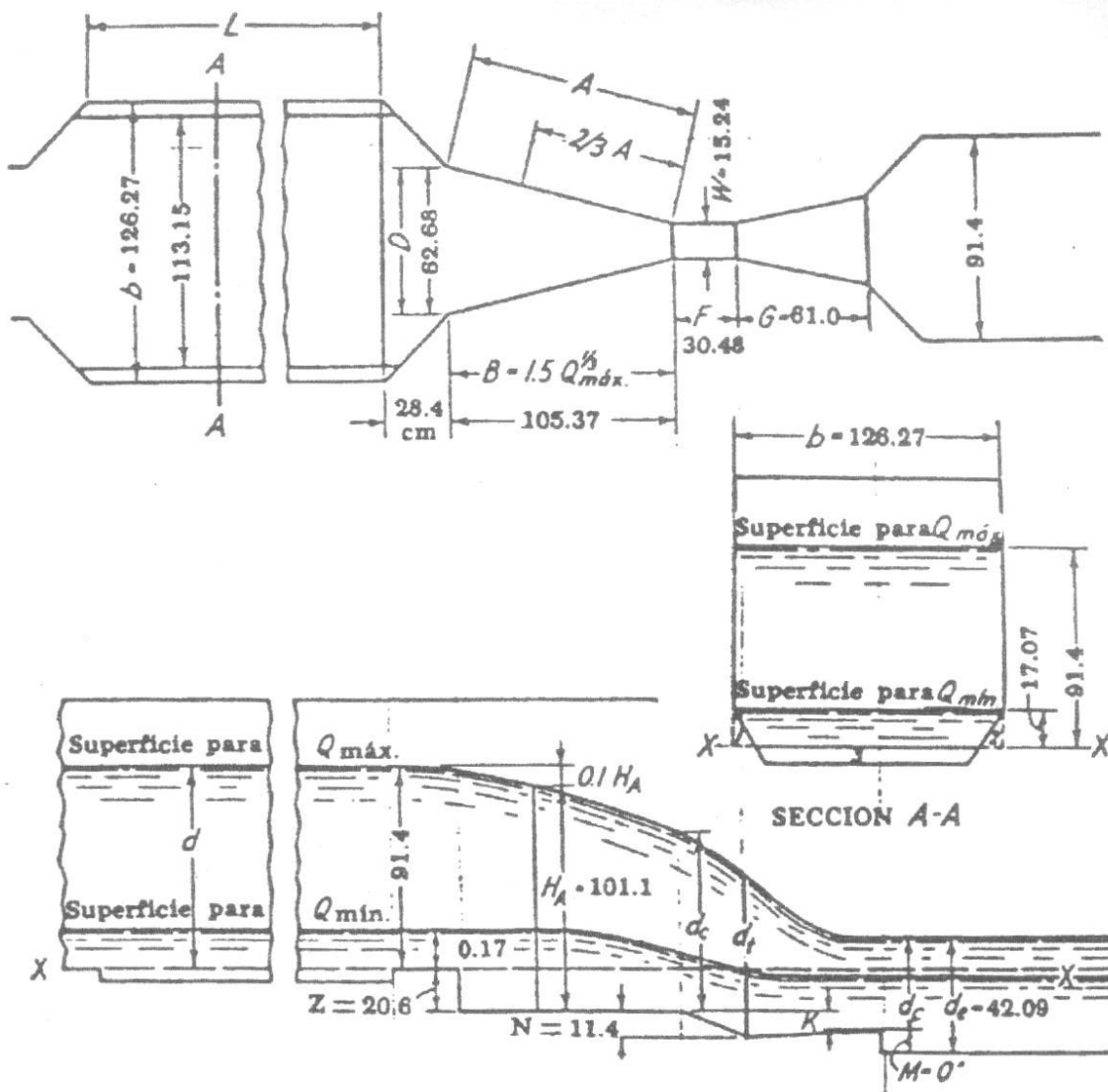
Tabla de valores de m y n, unidades métricas

W Metros	M	n	W Metros	M	N
0.15	0.3812	1.580	4.50	10.790	1.60
0.30	0.680	1.522	5.00	11.937	1.60
0.50	1.161	1.542	6.00	14.229	1.60
0.75	1.774	1.58	7.00	16.522	1.60
1.00	2.4	1.570	8.00	18.815	1.60
1.25	3.033	1.579	9.00	21.107	1.60
1.50	3.673	1.588	10.00	23.400	1.60
1.75	4.316	1.593	11.00	25.692	1.60
2.00	4.968	1.599	12.00	27.985	1.60
2.50	6.277	1.608	13.00	30.278	1.60
3.00	7.352	1.60	14.00	32.570	1.60
3.50	8.498	1.60	15.00	34.863	1.60
4.00	9.644	1.60			

Fuente Hidráulica
Samuel Trubas Coronel

Cuando el tamaño medidor se disminuye, se disminuye también la elevación de la cresta sobre la plantilla del canal y a mayor gasto corresponde mayor grado de sumersión, así que se tendrá en cuenta que para un correcto funcionamiento del medidor, nunca debe hacerse trabajar con un grado de sumersión mayor que 0.95 y de ser posibles se producirá que trabaje siempre con descarga libre.

Figura 2.5



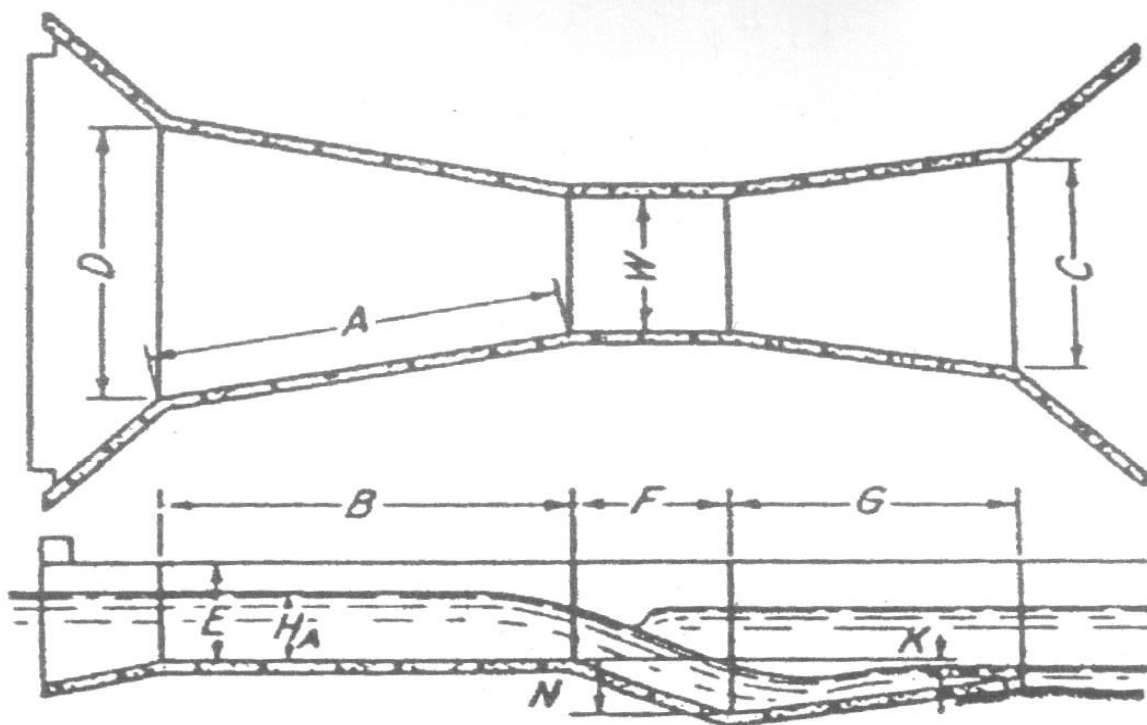


Tabla 2-7

DIMENSIONES PARA CANALES PARSHALL

W Cm	A Cm	2/3 A Cm	B* Cm	C Cm	D& Cm	F Cm	G Cm	K Cm	N Cm
7.62	46.69	31.12	45.72	17.78	25.87	1.27	2.54	2.54	5.71
15.24	62.11	41.41	61.00	30.70	39.70	2.54	5.08	7.64	11.42
22.88	87.98	58.68	86.4	39.12	57.48	2.54	3.81**	7.62	11.42
30.50	137.16	91.40	134.28	61.00	84.49	5.08	7.62	7.62	11.42
45.72	144.76	96.48	141.9	76.20	102.51	5.08	7.62	7.62	11.42
61.00	152.40	101.56	149.52	91.40	120.61	5.08	7.62	7.62	11.42
91.40	167.64	111.72	164.56	121.90	147.16	5.08	7.62	7.62	11.42
121.90	182.90	121.90	179.38	152.40	195.69	5.08	7.62	7.62	11.42
192.92	213.40	142.22	209.25	213.40	266.66	5.08	7.62	7.62	11.42
243.8	243.80	162.56	239.11	274.30	339.74	5.08	7.62	7.62	11.42

* Se admite $B = 45.75$ ($35.3 Q_{max}$) $\frac{1}{2}$

& la relación de D/B debe ser la misma que la relación de los valores de esta tabla independientemente de la magnitud de B

2.2.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

2.2.2.1 SEDIMENTACION

Es una de las operaciones más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

Este fenómeno consiste en separar los componentes de una cantidad de agua residual por la acción de la gravedad los cuales se depositan en el fondo para luego ser evacuados y tratados.

El propósito de la sedimentación es reducir la demanda bioquímica de oxígeno DBO del agua de dilución, reducir la formación excesiva de lodo en el tratamiento posterior u obtener un efluente clarificado.

En este proceso, la actividad biológica tiene poca importancia.

En los diferentes elementos que componen este tratamiento se requiere que la velocidad sea constante y mínima para que se pueda sedimentar, esta será de 1 a 2 cm/seg. Para los tanques sedimentadores que son los principales dispositivos; de los cuales hay una diversidad de diseños y operaciones entre ellos están:

- 1) Tanques sépticos
- 2) Tanques de doble acción, como los imhoff
- 3) Tanques de sedimentación simple.

2.2.2.2 TANQUES SÉPTICOS

Estos permiten tanto la sedimentación como la digestión de lodo en un mismo compartimiento, en el se da 20% proceso biológico y el 80% proceso físico teniendo una eficiencia 70%.

Mientras sufren la descomposición anaerobia, el lodo sedimentado esta en inmediato contacto con las aguas de desecho que fluyen a través del tanque.

El uso tiene ciertas limitaciones en el tratamiento, mas que todo para escuelas viviendas individuales y moteles.

Los hay de varios tipos entre ellos están los que tienen dos o más cámaras. (Ver figura 2.5) en las cuales el primer compartimiento o cámara se utiliza para sedimentación, digestión del fango o lodo y almacenamiento de este, las siguientes cámaras proporcionan una sedimentación y almacenamiento de fango adicional.

DISEÑO

Cuando se diseñe para una sola residencia deberá de utilizarse un periodo de retención de 24 horas, pero cuando sea para varias residencias o instituciones el periodo de retención deberá ser mas corto.

Los tiempos recomendados para la extracción de lodos comprenden de dos a tres años por lo que se debe proyectar estos tanques de forma que

puedan permanecer durante este tiempo y se produzca la descomposición y digestión antes de ser evacuados.

Se recomienda para una dotación de 190 lt./persona/día.

- A- Cuando el caudal descargado oscile entre 1900 y 5700 lt/día; el volumen útil tendrá como mínimo; 1.5 veces la afluencia de aguas en el día
- B- Cuando el caudal descargado este entre 5700 y 37850 lt/día; el volumen útil será de 4260 + 75% de la afluencia diaria (ver figura 2-5)
- C- Si el volumen descargado por día es mayor o igual a 37850 lts; entonces se deberán utilizar tanque imhoff.
- D- Se recomienda que la relación de largo-ancho sea: 2 veces ancho = largo.
- E- Para poblaciones rurales con dotaciones menores de 100 lts personas/día W&L recomienda.

Tabla 2-8

NO PERSONAS SERVIDAS	CAPACIDAD LTS.
4	1890
6	2270
8	2640
12	4160
16	5680

El volumen mínimo 1890 lts (2839 lts para U.S.A.) capacidad para acumular lodos por 3 años.

Para aumentar la eficiencia, se puede interceptar el afluente con trampas de grasa que se colocan cerca del accesorio de descarga, la capacidad de la trampa de grasas 9.5 lts/persona, capacidad mínima 473 lts para instalaciones de 50 personas

UBICACIÓN

Se deben construir lo mínimo a 1.5 mts de las edificaciones, deben de estar en terrenos firmes áreas que no estén sujetas a inundación, donde se pueda disponer del agua y sólidos

2.2.2.3 TANQUES IMHOFF

Consiste en un depósito de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el compartimento superior y la digestión en el inferior.

Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior, pasando al compartimento inferior para la digestión a temperatura ambiente. La espuma se acumula en los compartimentos de sedimentación así como en unos respiraderos de gas situado al lado de aquellos. El gas producido en el proceso de digestión en el compartimento inferior se escapa a través de respiraderos

La aplicación de éstos está limitada a plantas relativamente pequeñas, la ventaja que ofrece es que es sencillo de operar y no exige la supervisión por

parte de personal especializado ya que no existe equipo mecánico que mantener.

FUNCIONAMIENTO

Su funcionamiento consiste en eliminar las espumas a diario y descargarla en el respiradero de gas más próximo. Al invertir la entrada y por lo tanto la circulación del agua residual dos veces al mes se trata de igualar la cantidad de sólidos en ambos extremos del compartimiento de digestión y extrayendo fango periódicamente hacia las áreas de secado.

DISEÑO

Los diseños más recientes incluyen equipos para calentar los compartimentos de los fangos y la eliminación mecánica de ellos.

Los tanques imhoff convencionales sin calentamiento suelen ser rectangulares, aun que hay circulares pequeños.

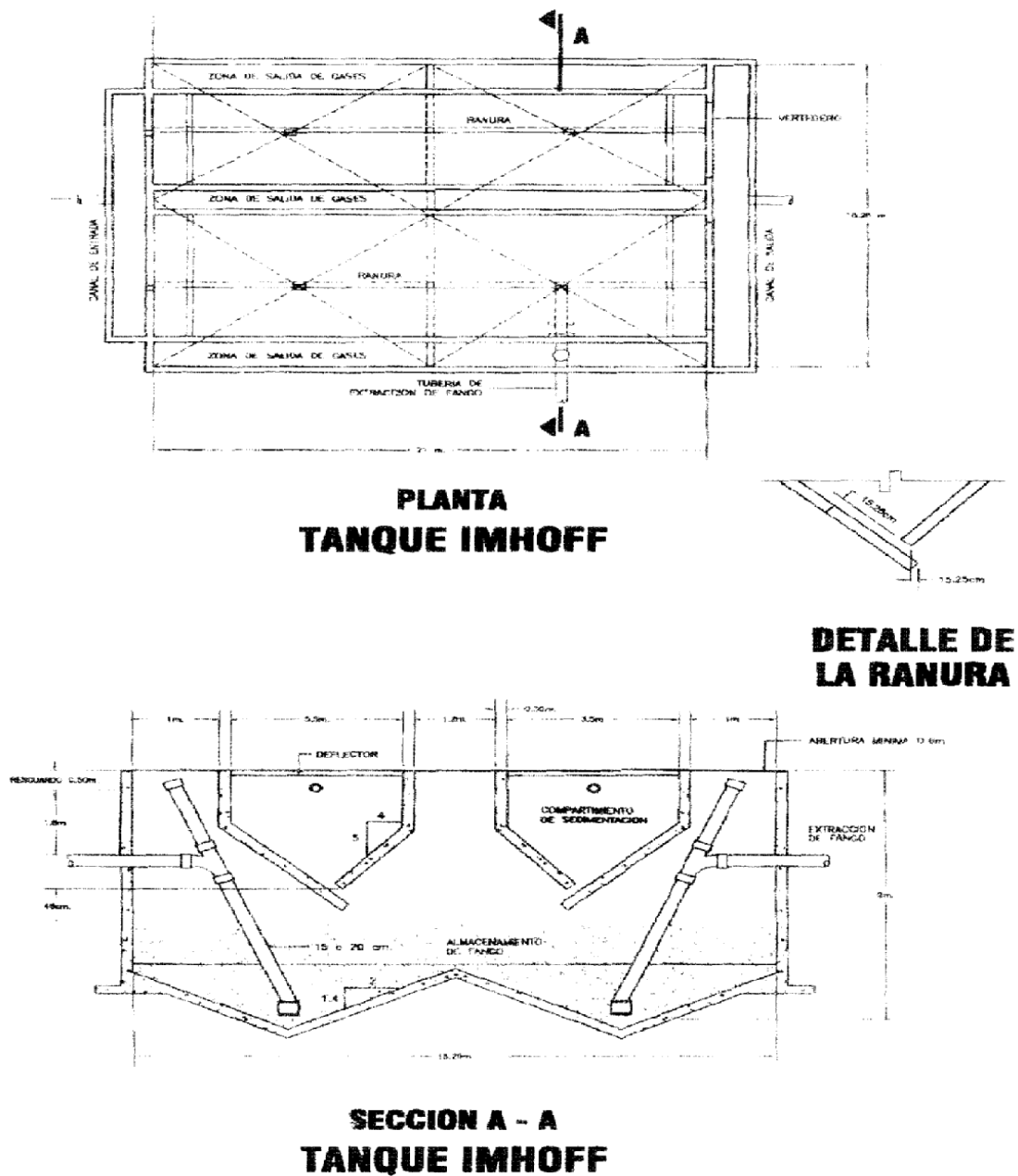
Los compartimentos de sedimentación de los tanques imhoff normalmente se proyectan de modo que tengan una carga de superficie de 24 m³/di/m² a caudal medio y un periodo de retención de tres horas.

La pendiente del fondo del compartimiento de los tanques convencionales sin calentamiento tiene 1.4 vertical por 1.0 horizontal.

La ranura que permite que los sólidos caigan al compartimiento de digestión tiene una apertura mínima de 0.15 mt.

Pueden instalarse varios compartimentos de sedimentación por encima de uno de digestión. El compartimiento de digestión sin calentar tiene que tener una capacidad de almacenamiento de fango para seis meses

Figura 2-7



2.2.2.4 TANQUES DE SEDIMENTACION SIMPLE

Son estructuras donde sedimentan las partículas en dimensiones menores de 0.2 mm.

La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentable y el material flotante y por lo tanto reducir el contenido de sólidos suspendidos.

Pueden ser usados para darle tratamiento directo a las aguas residual o paso previo al tratamiento.

Hay numerosos diseños y construcciones, la relación del tipo de tanque de sedimentación para una aplicación dada depende del tamaño de la instalación, disposición de las condiciones y del terreno; estos pueden ser circulares o rectangulares.

Cuando un tanque se utiliza como único tratamiento estos sirven para la eliminación de sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fangos en las aguas receptoras o en el medio donde se dispongan y de gran parte de las materias flotantes, de lo contrario si se utiliza como un paso previo a un tratamiento biológico su función es reducir la carga en las unidades de tratamiento biológico (tratamiento secundario).

Los tanques pueden funcionar sobre el principio de llenado y vaciado, teniendo lugar la sedimentación, durante el periodo en el tanque o depósito está lleno o puede funcionar de un modo continuo, donde se deja que el liquido fluya lentamente y continuamente, a través del tanque y la sedimentación tiene lugar

a medida que el líquido va pasando por el tanque. El funcionamiento más usado es el continuo ya que el llenado y vaciado resulta ineficiente.

TIPOS DE SEDIMENTADOR

- Sedimentador Convencional
- Sedimentador Laminar
- Sedimentador Ideal

POSTULADOS DEL SEDIMENTADOR IDEAL

- 1) En la zona de sedimentación, el fenómeno se efectúa en condiciones iguales a las de un estanque tranquilo de las mismas dimensiones (no hay turbulencia).
- 2) A la entrada de la zona de sedimentación el flujo es estable y la concentración de partículas en suspensión uniforme en toda la sección transversal.
- 3) Toda partícula que descarga en la zona de lodos se considera removida

Los tanques de sedimentación primarios que están proyectados y operados eficazmente, deberán eliminar del 50 al 65% de los sólidos suspendidos y del 25 al 40% de la DBO_5 .

Normalmente, los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención de 90 a 150 minutos para el caudal medio

del agua residual, los tanques que proporcionan menores retenciones (30 a 60 minutos) con menor eliminación de sólidos suspendidos son utilizados con frecuencia en el tratamiento preliminar antes de las unidades de tratamiento biológico.

Los tanques de sedimentación se diseñan actualmente en base a carga superficial para el caudal medio expresada en metros cúbicos por día y por metro cuadrado de área horizontal. La elección de la carga idónea depende del tipo de suspensión que haya de separar. Ver tabla 2-9

Tabla 2-9

**VALORES RECOMENDADOS DE LA CARGA SUPERFICIAL PARA
DISTINTAS SUSPENSIONES**

SUSPENSION	CARGA SUPERFICIAL, m³/m² – día	
	Intervalo	Caudal punta
Agua residual sin tratar	24-48	48
Floculo de sulfato de alúmina	11-24	24
Floculo de hierro	21-32	32
Floculo de cal	21-48	48

* Mezclado con los sólidos suspendidos sedimentables en el agua residual sin tratar y con otros sólidos suspendidos coloidales arrastrados por el floculo.

Fuente: Tratamiento y depuración de las Aguas Residuales Metcalf – Hedí

Una vez que se ha establecido el área del tanque, el tiempo de retención o detención vendrá dado por la profundidad del agua según lo indica la tabla 2-10.

Tabla 2-10

**TIEMPOS DE DETENCION PARA DIVERSAS CARGAS DE SUPERFICIE Y
PROFUNDIDADES DE TANQUES**

Carga Superficie M³/día/m²	Tiempo de Retención Horas			
	Profundidad 2.10 m	Profundidad 2.50m	Profundidad 3m	Profundidad 3.3 m
16	3.2	3.6	4.5	5.4
24	2.1	2.4	3.0	3.6
32	1.6	1.8	2.25	2.7
40	1.25	1.4	1.8	2.2

Las cargas de superficie que se utiliza en la actualidad dan como resultado tiempos nominales de retención de 2 a 2.5 horas por el caudal medio del proyecto.

2.2.2.4.1 TIPOS DE TANQUES

TANQUES RECTANGULARES

Se fabrican de concreto, concreto armado, ladrillo en forma aislada.

El proceso del flujo por zonas:

1. La zona activa es la parte más importante del tanque rectangular.
2. La zona de lodos (zona de depósito), es donde se acumula el lodo
3. La zona de seguridad del sistema

El proceso de sedimentación en los estanques de sedimentación se divide en:

1. Zona de ingreso
2. Zona de sedimentación o separación efectiva
3. Zona de sólidos
4. Zona de lodos

La zona de ingreso tiene la función de distribuir uniformemente las aguas residuales que ingresan a lo largo y ancho de toda la sección transversal del flujo (que en los estanques equivale al ancho del estanque), para que las turbulencias no se prolonguen hasta la misma zona de separación.

La zona de separación propiamente dicha ocupa la mayor parte del volumen del tanque y en su interior las partículas sedimentadas descienden en ángulo.

La zona de salida tiene a su vez la función de descargar uniformemente el agua clarificada, en el caso de estanques rectangulares ello implica un acercamiento uniforme hacia el vertedero al final del estanque. Si no se tiene prevista la instalación de separadores de aceites y grasas, debe instalarse una pared de retención y un dispositivo de remoción de grasas antes el vertedero.

La zona de lodos debe estar equipada con dispositivos hidráulicos para la descarga.

Tabla 2-11

PARAMETROS DE SELECCIÓN DE CARGA

TECNOLOGIA	CARGA RECOMENDADA
Deficiente	30 m ³ /m ² /da
Media	40 m ³ /m ² /día
Excelente	60 m ³ /m ² /día

Tabla 2-12

**PORCENTAJE DE INCREMENTO DE AREA SEGÚN NUMERO DE
SEDIMENTADORES Y LA CARGA APLICADA (V)**

Carga Aplicada m³/ m²/día					
N	20	30	40	50	60
2	0	0	33%	67%	11%
3	0	0	11%	22%	33%
4	0	0	8.5%	17%	25%
5 o más	0	0	7%	13%	20%

N = Unidades de Sedimentación

Deberá haber dos o más tanques con el objeto de que el proceso permanezca en funcionamiento mientras uno de ellos este fuera de servicio por reparación y mantenimiento.

2.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Cuando las aguas negras contienen sólidos orgánicos en suspensión o solución no puede ser dispuesto en las aguas receptoras. Aun que haya recibido tratamiento primario debe recibir un tratamiento secundario. Este tratamiento depende principalmente de los microorganismos para la descomposición de los sólidos orgánicos estables.

Los dispositivos que se utilizan en este tratamiento son:

- 1- Lagunas de estabilización o de oxidación
- 2- Filtros percoladores
- 3- Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)
- 4- Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)
- 5- Tanques de sedimentación secundaria

2.2.3.1 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN O DE OXIDACIÓN

Una definición de estas, son estructuras diseñadas para retener las aguas residuales en un periodo de tiempo apreciable en un embalse de poca profundidad y que las condiciones de climas pueden ser climas calurosos y soleados como fríos y nublados.

Las lagunas pueden darle tratamiento a aguas residuales crudas a aguas que provengan de tratamiento primario o secundario, aun que generalmente se han usado como tratamiento secundario de afluentes primarios.

Estas ofrecen ventajas sobre otros sistemas de tratamiento biológico ya que su construcción su bajo costo, fácil mantenimiento y su innecesaria utilización de equipo las hacen uno de los sistemas más prácticos para la eliminación de patógenos.

Algunos factores que limitan el uso de estos sistemas son que para su construcción se necesita de suficiente área, pueden contribuir a la contaminación de aguas subterráneas siempre que el suelo no sea impermeable factores de acumulación de lodos, desarrollo de mosquitos e insectos, la producción de malos olores y otros pueden evitarse si se le da un mantenimiento adecuado y oportuno.

TIPOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Estos se clasifican según actividades biológicas que tengan lugar:

2.2.3.1.1 LAGUNAS ANAEROBIAS

Se colocan primero en una serie de lagunas, no contienen oxígeno disuelto debido a la carga orgánica elevada de operación, su profundidad oscila de 2 a 5 mt.

Los sólidos de las aguas que ingresan sedimentan y las bacterias anaerobias descomponen la materia orgánica que llevan consigo el lodo, los productos de la descomposición son principalmente metano y dióxido de carbono.

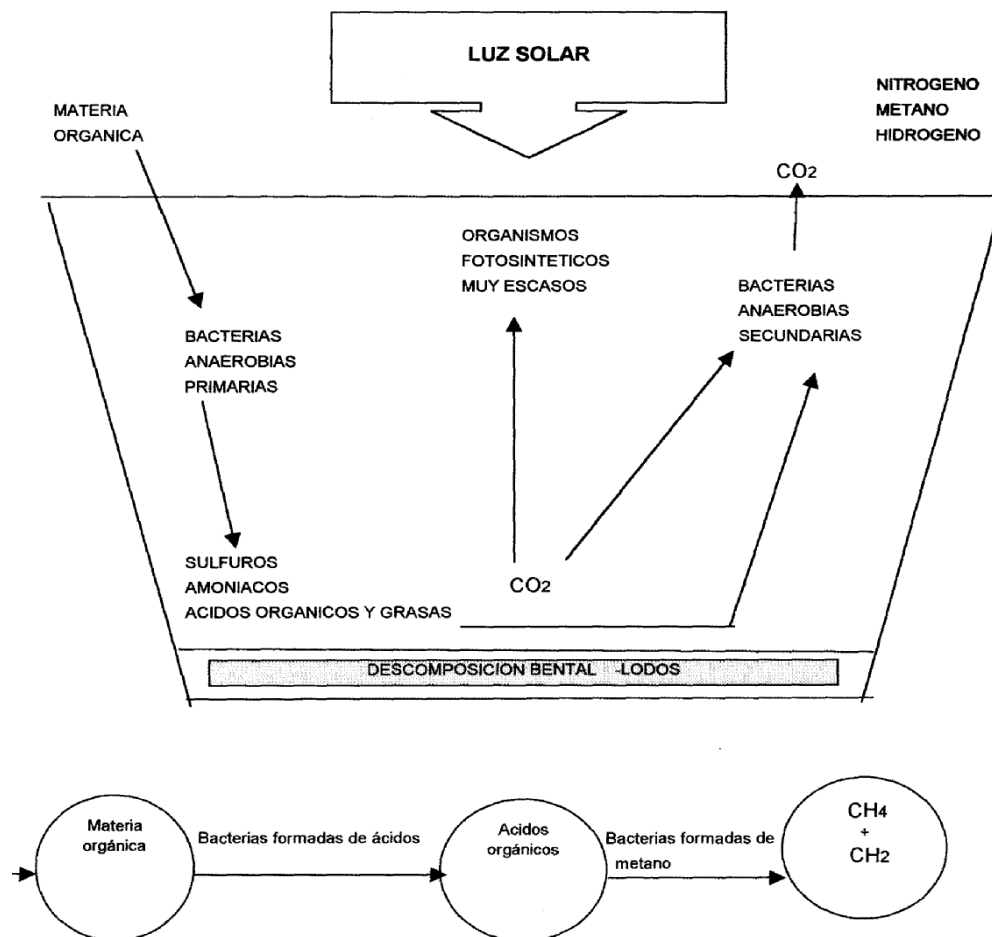


Fig. 2-8 ESQUEMA DE LAGUNA Y PROCESO ANAEROBIO

Estas lagunas se diseñan para recibir cargas de DBO entre 100 a 400 g/m³/d, los factores que intervienen en recepción de cargas están el clima ya que a temperaturas mayores son posibles altas cargas.

El tiempo de retención está en el rango de 2 días y una tasa de remoción de DBO de del 80% se logra en condiciones de clima tropical y normalmente es alrededor del 60%.

La fermentación se lleva cabo en dos etapas luego de la solubilización de la materia orgánica.

Un grupo de bacterias heterótrofas facultativas, reduce la materia orgánica, ácidos, grasos, aldehídos, alcoholes, amoníaco etc.

Bacterias productoras de metano, transforman los productos intermedios en ácidos orgánicos, en metano, dióxido de carbono e hidrógeno. En lagunas anaerobias se pueden tratar cargas orgánicas elevadas en áreas y volúmenes relativamente pequeños, el oxígeno disuelto por difusión es consumido rápidamente y prevalecen las condiciones de anaerobias en el agua de la laguna.

Si en la laguna anaerobia existe equilibrio entre la fase ácida (producción de ácidos orgánicos) y la fase básica (producción de metano), no dan origen a malos olores por la producción de sulfuros cuando se acumulan ácidos orgánicos en el sistema, se inhibe la producción de metano y favorece la producción de sulfuros lo que provoca olores ofensivos pero se puede corregir

aumentando el valor del pH a 7.0 o un poco más, agregando un alcaloide a la laguna.

El procedimiento de diseño de las lagunas anaerobias se basa en la carga volumétrica de DBQ, esto puede determinarse por la formula:

$$\lambda = \frac{L_i Q}{V}$$

Donde:

λ = Carga volumétrica de DBO (g/m³/d)

L_i = Concentración de DBO afluente en mg/l ó g/m³

Q = Caudal del afluente (m³/d)

V = Volumen de laguna (m³)

Una recomendación en cuanto a la construcción de lagunas, es que hay que construir dos o más lagunas en paralelo para que a una se le pueda estar dando mantenimiento mientras que la otra está funcionando.

El lodo puede retirarse manualmente o por algún método mecánico.

2.2.3.1.2 LAGUNAS FACULTATIVAS

Estas pueden recibir aguas negras después del tratamiento primario o colocarse después del tratamiento primario o colocarse después de las lagunas Anaerobias.

Son lagunas que están divididas en zonas aerobias y anaerobias debido a la demanda de oxígeno que y/o estratificación térmica, constituyen el tipo más común y popular de lagunas de estabilización.

La DBO se remueve por sedimentación de materia orgánica en suspensión, en el fondo son dirigidos anaeróbicamente, esta capa del fondo se llama capa anaeróbica y en ella ocurre el 30% de la reducción de la DBO.

El oxígeno que existe en la capa superior de la laguna es producido por las algas crecen mediante el fenómeno de la fotosíntesis.

Las algas obtienen los nutrientes necesarios a partir de los subproductos generados por las bacterias aeróbicas que también están presentes en esta capa.

Las bacterias aeróbicas requieren oxígeno para sobrevivir y lo obtienen a su vez de las algas, esta relación que mantienen a las algas y las bacterias aeróbicas se llama simbiosis.

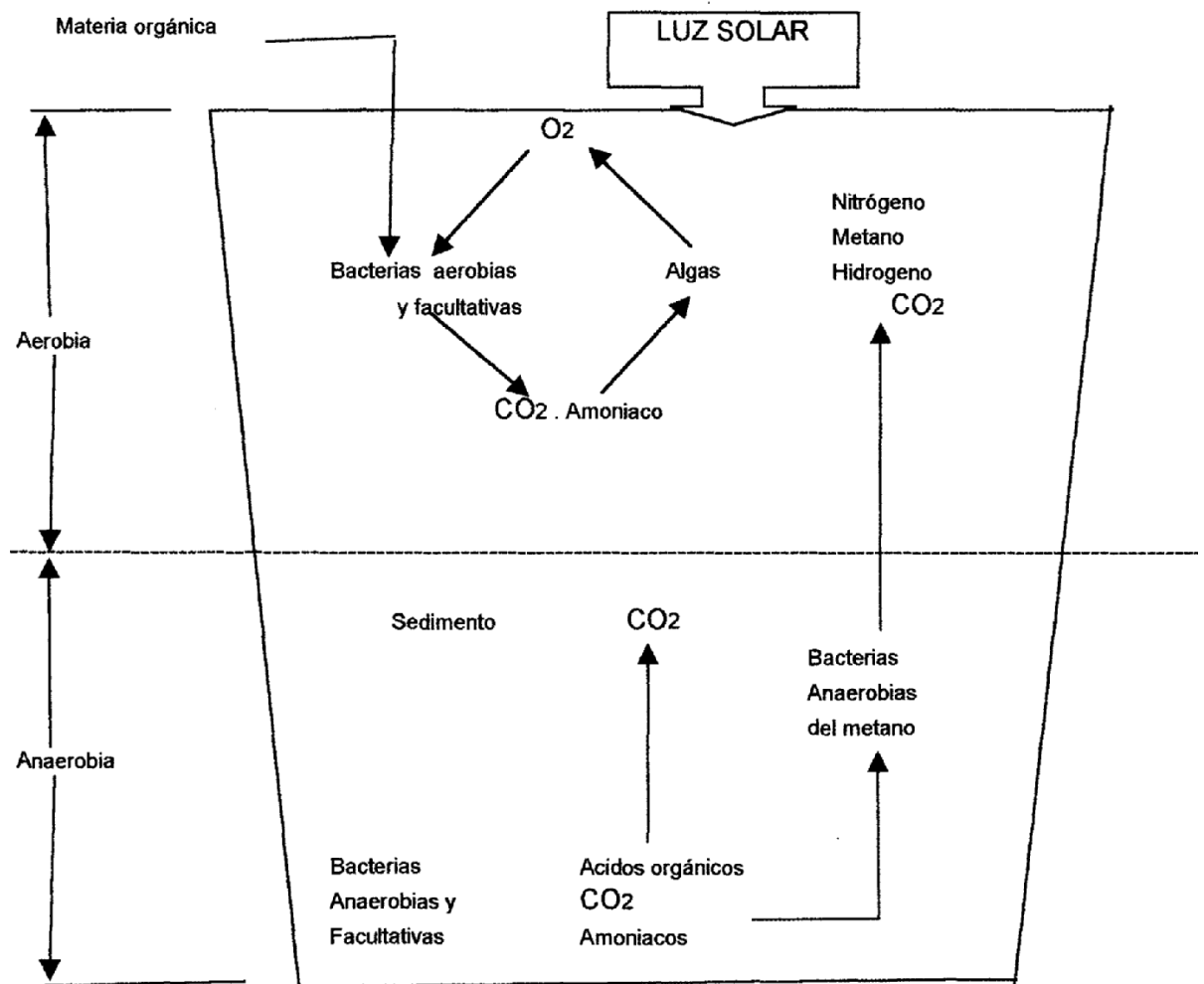
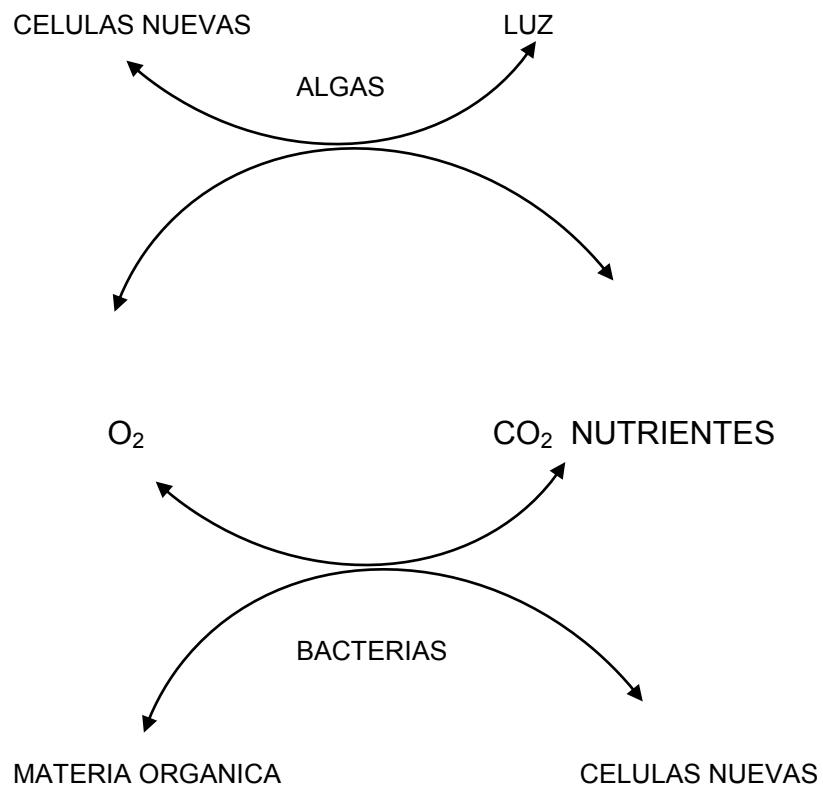


Fig. 2-9 ESQUEMA DE LAGUNA FACULTATIVA

DIAGRAMA DE PROCESO



LA RELACION SOMBOLICA ENTRE ALGAS Y BACTERIAS

Generalmente no se producen malos olores y las aguas deben de tener suficiente profundidad para que subsistan las dos zonas.

La profundidad que usualmente las lagunas facultativas es de 1.5 mt a 2.5 mt. La capa anaeróbica predomina en ella, si tiene menos de 1 mt. Se

tendrán problemas con plantas que crecen en la laguna. El tiempo de retención varía de 5 a 30 días.

Usualmente se diseñan considerando la máxima carga de DBO por unidad de área, con la cual la laguna todavía posee una considerable zona aeróbica.

Las bacterias dependen de la temperatura, la carga de DBO pueden incrementarse a temperaturas mayores sin aumentar el riesgo de que la laguna falle y se vuelva Anaeróbica.

Una formula derivada empíricamente que se usa comúnmente es:

$\lambda = 20 T^{-1.20}$ kg / ha /d, donde

λ = carga superficial de DBO

T = temperatura ambiental promedio del mes más frío en °C

Esta formula fue derivada mediante correlación de las posibles cargas de DBO en muchas lagunas que funcionan bien en todo el mundo.

Si en una serie de lagunas, la facultativa fuese la primera, se ira acumulando lentamente una capa de lodo en el fondo de la laguna, ya que la velocidad será mucho más lenta que una laguna anaerobia, porque la carga de aguas residuales crudas por metro cuadrado de superficie de la laguna es mucho menor. La extracción del lodo usualmente se realiza cada 10 o 15 años o más.

Dato importante para el funcionamiento es que no deben protegerse del viento ya que este provoca la mezcla del bióxido de carbono que es formado

por la descomposición de la materia orgánica y los nutrientes, los cuales son usados por las algas para crecer y formar nuevas células.

Los terraplenes que rodean las lagunas no deben tener mas de 0.5m de altura sobre el nivel normal del agua y próxima a las lagunas no deben usarse cercas sólidas.

2.2.3.1.3 LAGUNAS DE MADURACION

Son aquellas que tratan y mejoran afluente proveniente de lagunas facultativas o de otras de maduración o de otros sistemas biológicos de tratamiento, no deben de recibir aguas residuales sin tratar.

Tiene la finalidad de reducir la concentración de gérmenes patógenos a niveles aceptables, las cuales mueren conforme el agua residual se desplaza lentamente a través de la laguna.

Esta laguna es aeróbica en toda su profundidad por que tiene baja concentración de materia orgánica y una alta concentración de algas.

La cantidad y el tamaño de lagunas de maduración de un sistema dado, dependen de la calidad bacteriológica que se desea el afluente.

El número de bacterias coliformes fecales por 100 ml puede estimarse con la ecuación:

$$N_e = \frac{N_i}{1 + k_b T^*}$$

Donde:

Ne = número de CF/100 ml. del afluente

Ni = número de CF/100 ml para las aguas residuales crudas que entran a un sistema de lagunas seria de 10-10 CF/ 100 ml.

Kb = tasa constante de primer orden para a remoción de bacterias (d^{-1})

T* = tiempo de retención

El Kb depende de la temperatura y se ajusta a otras temperaturas mediante la fórmula:

$$K_b = 2.6 (1.1a)^{T-20}$$

Donde:

T es la temperatura promedio del mes más frío en °C

El CF por 100 ml puede calcularse para el afluente de cada laguna en serie; pero la concentración de coliformes puede encontrarse para el afluente de la última laguna de la serie, dada por la fórmula siguiente:

$$N_e = \frac{N}{(1+K_b t_1^*)(1+K_b t_2^*) \dots (1+K_b t_n^*)}$$

Donde:

Tn* = es el tiempo de retención para la enésima laguna y n es el número de lagunas de maduración de la serie

Las lagunas de maduración usualmente tiene una profundidad de 1.0 mt. a 1.5 mt. y el tiempo de retención de unos 5 a 7 días por laguna.

Si se usan varias lagunas en serie, serán más eficientes en la eliminación de bacterias que si se tiene menos lagunas en el mismo tiempo de retención.

Las lagunas de maduración pueden ser usadas como lagunas de acuicultura para el cultivo de peces.

2.2.3.1.4 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS LAGUNAS

En el dimensionamiento de las lagunas, el ingeniero debe tomar en cuenta dos aspectos:

- El acopio de información básica.
- La selección de criterios adecuados a la situación particular, para dimensionar las lagunas.

LA INFORMACION BASICA

- Caudal de agua a tratar (m^3 / d)
- Un periodo usual será entre 30 y 50 años, la cantidad de agua que se espera consuma cada persona.
- Se debe tomar en cuenta las mejoras en el sistema de abastecimiento de agua y las mejoras en niveles de vida, pues significarán un mayor consumo.

- Aspectos socioeconómicos en la comunidad
- Características de las aguas residuales: DBO, contenido de sólidos, pH, temperatura, nitrógeno, fósforo, etc.
- Clima de meteorología del lugar: Temperatura precipitación, dirección del viento, evaporación etc.
- Características del sitio: topografía, permeabilidad del suelo, etc.
- La calidad que se desea tenga el efluente final del sistema de lagunas: dependerá del uso a que se destine el efluente o de la forma en que se iniciará su disposición final, para medir la calidad de los efluentes se usan tres criterios:

La DBO que se usa como la medida del contenido de la materia orgánica; los sólidos suspendidos que son una medida de la cantidad de material sólido suspendido y la calidad bacteriana que usualmente se expresa como el número de bacterias coliformes fecales por 100 ml de efluente.

Si el efluente se usa para irrigación por goteo, el contenido de sólidos suspendidos será importante.

Tabla 2-13

**DE NIVELES DE CANTIDADES DE EFLUENTE SUGERIDOS PARA
IRRIGACION Y VERTIMIENTOS**

NUEVO USO	DBO (Mg/lit)	COLIFORMES FECALES (No./100mm)
Irrigación de árboles, algodón, y otras cosechas comestibles	60	50,000
Irrigación de árboles frutales, de cítricos forrajes y nueces	45	10,000
Irrigación de árboles frutales caedizos, caña de azúcar, verduras cocidas y campos deportivos	35	1,000
Descarga a cuerpos de agua	25	5,000
Irrigación no restringida incluyendo parques y jardines	25	100

Los criterios para dimensionar las lagunas incluyen carga orgánica aplicada, funcionamiento y eficiencia de la laguna, conocimiento satisfactorio de los procesos de estabilización biológica que suceden las lagunas, sus limitantes y relaciones con las condiciones ambientales y las características de las lagunas residuales.

CONSTRUCCION

El diseño de las lagunas depende de la cantidad y topografía del terreno disponible.

Los terraplenes deben ser de construcción simple y barata y de ser posible edificados empleando un suelo homogéneo con un cierto contenido de arcilla o limo, si los suelos disponibles en el lugar no son suficientes impermeables, los terraplenes se pueden construir de arcilla o con una lamina de arcilla dentro del terraplén.

En los casos donde la permeabilidad del suelo es tan alta que las pérdidas debido a infiltración excedan fácilmente las tasas locales de evaporación, es indispensable impermeabilizar el fondo de las lagunas y proteger los taludes. Materiales como arcilla, laminas flexibles de materiales sintéticos, asfalto, suelo- cemento, piedra , mortero y concreto son materiales aceptables, además se acostumbra a proteger los taludes de la erosión por el movimiento del agua y del crecimiento de vegetación en las orillas para prever la proliferación de mosquitos, 200mm verticalmente por encima y debajo de la superficie del agua.

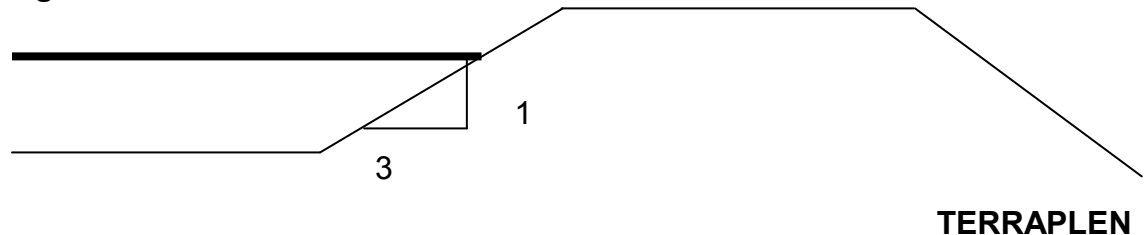
La inclinación de los lados de los terraplenes usualmente es de aproximadamente 1:3 (ver figura 2-10).

Las crestas de los terraplenes deben ser lo suficiente ancho para todo tipo de vehículos, de manera que puedan llegar a los diferentes puntos del

sistema y deben quedar aproximadamente a 0.5 m por encima del nivel de la laguna.

Figura 2- 10

Laguna



Las entradas a las lagunas anaeróbicas y facultativas deben descargar bajo la superficie de agua para mantener las condiciones anaeróbicas en las lagunas anaeróbicas y para limitar la formulación de natas sobrenadantes en las lagunas facultativas.

Las entradas deben descargar por lo menos a 10 mt. del borde de la laguna para reducir la posibilidad de formación de bancos de sedimento en los bordes. Las salidas y entradas deben estar ubicadas de forma que el efluente se desfase a través de toda la laguna usualmente se instalan en las diagonales opuestas.

MANTENIMIENTO

Se recomienda:

En un sistema de lagunas con un área total menor a 8 hectáreas que un hombre puede operar el sistema.

Para dar mantenimiento a un sistema de lagunas con un área total entre 8 y 20 hectáreas se necesitan dos hombres.

El operador deberá desarrollar actividades diversas relacionadas a la operación y el mantenimiento, con el propósito de que no deba desempeñar tareas que den oportunidad para el ocio, el tedio, el descuido o abandono de la instalación a su cuidado, para ello deberá hacer al menos, un recorrido diario para identificar irregularidades y reportada en formatos especiales.

La información cualitativa se puede relacionar a registros de estaciones meteorológicas cercanas al sitio de las aguas y de esta manera disponer de una información valiosa para la operación del sistema de lagunas.

La utilización sobre los terraplenes se debe mantener corta ya que la vegetación alta protegerá a la laguna del viento y esto reducirá la eficiencia de la laguna pues el viento es necesario para mezclar las capas de agua.

Las plantas en la laguna y cerca a los bordes del agua deben eliminarse, ya que por su sombra ocasionan la proliferación de mosquitos.

Las natas en la superficie de la laguna producidas y que las burbujas de gas llevan consigo partículas de lodo hacia la superficie, deben romperse o removerse y enterrarse.

El control de algas debe llevarse a cabo mediante la crianza de peces en las lagunas de maduración, esto reduce el contenido relativamente alto de sólidos suspendidos que están asociados con las lagunas de maduración y facultativas.

Si se presenta el mal olor se deben adicionar más unidades en paralelos de las unidades anaeróbicas y/o facultativas para disminuir, en lo posible, el problema de sobrecarga.

CONTROL

Para asegurar que el sistema de lagunas está operando correctamente y no está sobrecargado, tiene que efectuarse con regularidad varias determinaciones.

El volumen de aguas residuales que ingresa a las lagunas se debe controlar instalando un medidor parshall o un tubo de verter para medir el caudal.

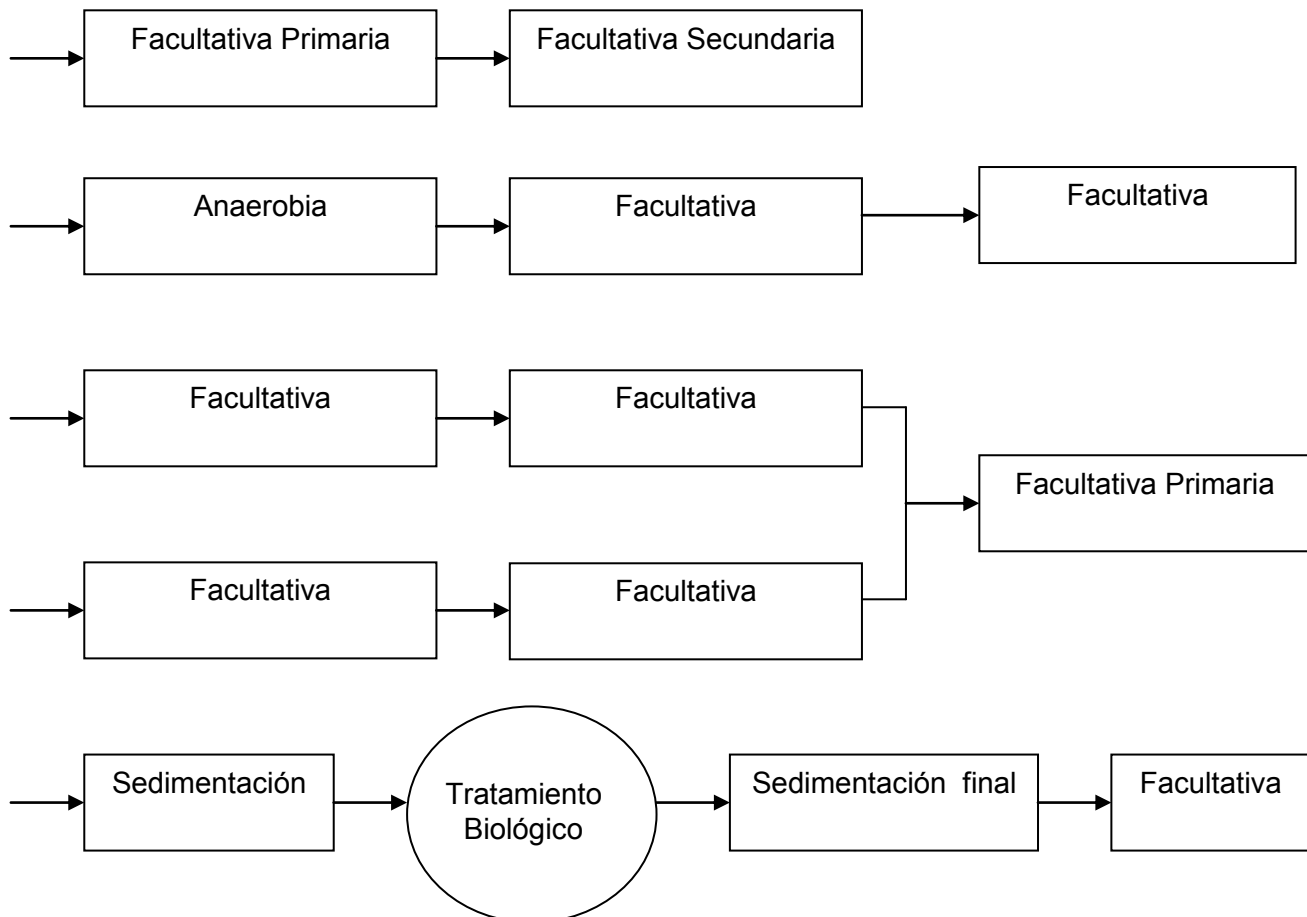
El caudal que se sale de la última laguna puede medirse instalando simplemente un vertedero triangular, la comparación entre el caudal de entrada y el de salida da una idea de la magnitud de la evaporación e infiltración, así como del efecto de dilución por lluvia.

Para comprobar la carga de DBO sobre las lagunas, se deben analizar con regularidad muestras de las aguas residuales que llegan a las instalaciones. El efluente debe analizarse para comprobar si se está obteniendo un efluente con la calidad deseada y si las lagunas están funcionando correctamente.

Si se controla la carga de un sistema de lagunas, los operadores pueden predecir, si el límite de la carga de diseño se está alcanzando, y permitir que se incida oportunamente en la futura ampliación de la planta.

En regiones donde no se ha usado anteriormente lagunas de estabilización y se pretende instalar un sistema grande, es aconsejable establecer primero, un sistema de lagunas de demostración a pequeña escala, que puedan ser usadas para la verificación de las formulaciones preliminares de diseño.

Figura 2- 11 ESQUEMA DE FLUJO DE LAGUNAS



2.2.3.2 FILTROS PERCOLADORES

El filtro percolador consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable en el que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual.

La idea fundamental se obtuvo a partir de la observación de que ciertos microorganismos son los que posibilitan la auto purificación de las aguas naturales. Estos son una versión más compleja que los filtros de tierra que se utilizan en Inglaterra (1893/94).

En el material de soporte se forma una película, constituida por los microorganismos mineralizantes del substrato del agua residual. Precisamente, esta película o los microorganismos que la constituyen, que se conocen también como “película biológica”, absorben y mineralizan las sustancias contenidas en el agua residual.

El proceso de mineralización comienza aproximadamente 6 semanas después de iniciada la filtración; este período es necesario para la formación de la película biológica. Por lo tanto, los lechos biológicos no pueden utilizarse para un periodo estacional corto.

El espesor de la película biológica aumenta (de 1 - 2 mm o más) durante la precolación del agua residual hasta la carga hidráulica del agua la desprende. Luego, es acarreada por el efluente. La sustancia básica de esta película biológica superficial son las bacterias que se aglomeran entre sí a través de una masa gelatinosa que ellas mismas producen, adhiriéndose

también al material del lecho biológico. Este tipo de desarrollo se conoce como **zooglea**.

El metabolismo de las bacterias comprende el procesamiento de las sustancias orgánicas digeribles que parcialmente son oxidadas y parcialmente transformadas en la propia sustancia celular de las bacterias. La película biológica está poblada por organismos unicelulares (ciliados) y multicelulares (rotatorios, nemátodos, y larvas de insectos) de cuyas actividades alimenticias y deposición aerobia de lodos depende la eficiencia de lechos biológico.

MEDIO FILTRANTE

El medio filtrante consiste generalmente en piedras cuyo tamaño oscila entre 2.5 cm. a 10 cm. de diámetro, o piedra pómez y escorias con grandes pesos o material plástico, en los cuales el agua residual baña por medio de dispositivos distribuido uniformemente y debido al efecto de la gravedad, se escurre y pasa a través del lecho.

El medio filtrante se emplea para la adherencia de la película biológica y para formar espacios que permitan aireación.

La profundidad de colocación de las piedras varía con cada diseño particular. Algunos autores e investigadores proponen generalmente de 0.90 mt a 2.4 mt. Con una profundidad media de 1.8 mt. en el caso de que el material filtrante sea plástico se construyen con profundidad de 9.0 mt a 12.0 mt.

La colocación en el caso de que sea piedra se hace en formas de capas: La capa protectora en la parte superior de los drenes, de 8 cm. a 15 cm. de altura, con piedras de 6 cm. a 10 cm. de diámetro.

La capa efectiva de 1.60 m de altura para lechos biológicos de baja carga y piedras de 3 cm. a 15 cm. de diámetro. La altura de esta capa es de 3.50 mt a 4.0 mt de todos los lechos percoladores, mientras que el tamaño de las gravas varían de 4 cm. a 8 cm. o 40/63 mm y 63/80 mm.

La capa de distribución en la parte superior del lecho, tiene una altura de 0.20 m con piedra de 2 cm. y 3 cm. de diámetro.

Solo la altura de la capa efectiva varía con relación a las diferentes alturas de los lechos, mientras que la altura de la capa de distribución tiene las dimensiones mencionadas anteriormente.

Algo importante sobre el material filtrante de los lechos biológicos, existen limitantes para la carga volumétrica y la concentración en el efluente. Cuando aumenta el tamaño del material de soporte o se incrementa considerablemente la velocidad del flujo para evitar el riesgo de obstrucción disminuirá la eficiencia del tratamiento.

En los últimos años se han buscado que el material filtrante sea el mejor y que tenga una relación de volumen de vacíos o área superficial de contacto la reducción de su propio peso.

DISTRIBUCION DEL AGUA RESIDUAL

El lecho del filtro es generalmente circular y el residuo líquido se distribuye por encima mediante distribuidores giratorios. En nuestro medio se utiliza los lechos rectangulares y el agua residual se aplica mediante canales dentados o boquillas rociadores fijas.

Otras formas son el empleo de chorros fijos con presiones elevadas (superiores a 1.5 m) o canales que requieren de un estanque de dosificación (compartimiento de alimentación) para regular la interrupción del abastecimiento del agua residual.

Estos sistemas emplean en pequeñas plantas de tratamiento o también pueden emplearse equipos móviles como los distribuidores giratorios con guías laterales en forma de canaleta o artesana.

Cada filtro posee los sistemas de desagüe inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se haya separado del medio.

CONSTRUCCION

Se compone de una pared cilíndrica vertical o rectangular de ladrillo o de concreto repelladas para evitar infiltraciones, por lo general la estructura (paredes) están abiertas en la parte superior e inferior con lo que se proporciona aire suficiente lo cual es aprovechando por la comunidad bacteriana.

El fondo del lecho biológico puede ser de forma circular o rectangular. La pared de lecho biológico es de concreto simple o armado, comprende canales y sumideros que recolectan las aguas residuales tratadas. El espacio entre estos colectores varia de 1.5 - a 4.00 m. El canal del efluente debe poseer una pendiente de 0.5 a 1 % o más. El canal central debe ser accesible desde ambos extremos.

2.2.3.2.1 LECHOS BIOLÓGICOS DE BAJA CARGA

Son dispositivos relativamente sencillos y de funcionamiento seguro, que produce una calidad estable del efluente sin perjuicio de que el efluente sea de naturaleza cambiante. Predomina en el una gran población de bacterias nutrificantes, por lo que el efluente es pobre en amoníaco y rico en nítricos y nitratos.

La perdida de carga a través del filtro puede ser 1.5 a 3.0 mts lo que puede ser los impedimentos si el terreno es demasiado plano para permitir la circulación por gravedad. Con una pendiente favorable, la posibilidad de utilización por gravedad es una ventaja.

La desventaja de los filtros de baja carga es que los olores son un problema frecuente, especialmente si el agua residual es poco reciente o séptica o si el tiempo es cálido, las moscas (*Psychoda*) se desarrollan en los filtros a menos que se tomen medidas de precaución para su control.

Estos lodos se adaptan bien a las plantas de tratamientos pequeñas ya que las cantidades de lodo que se producen son muy reducidas.

El crecimiento de la película biológica es lento ya que el material de soporte recibe agua residual de baja carga. En estos puede pasar 2 meses, aproximadamente antes de que la película alcance un tamaño adecuado y se desprenda. Esta película se recolecta en el fondo del lecho y es acarreada por el efluente de agua residual tratada. Es frecuente instalar tanques sedimentadores finales para evitar que el lodo se descargue en el cuerpo receptor.

Los lechos biológicos de baja carga se pueden emplear en forma práctica para lograr una reducción ideal de 95% y una completa nitrificación. El lodo que se desprende es mineralizado, deshidratado y ligeramente digerido, es lo que se conoce como 'humus'.

El límite mínimo recomendable de carga orgánica es de alrededor de 10 g de $\text{DBO}_5 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$. Esto es suficiente para realizar un tratamiento con valores de DBO_5 por debajo de 20 mg/l y una nitrificación parcial.

Los lechos biológicos de baja carga cuentan con una sola fase a través de la cual existe un solo ingreso.

2.2.3.2.2. LECHOS PERCOLADORES DE ALTA CARGA

Estos son alimentados con un volumen de agua residual mucho mayor que el que ingresa en lechos de baja carga.

El lodo es rico en agua, viscoso y digerible y su volumen es de 3 - 4 veces mayor que el producido en los sistemas de baja carga, por lo que se requiere tanques de sedimentación final.

El material de soporte posee una granulometría mayor que la de los lechos de baja carga.

Estos funcionan con una carga superficial mayor y cargas volumétricas más elevadas y así se forman películas de bacterias más delgadas con una mayor velocidad de difusión.

La mineralización completa de sustrato ya no se produce dentro del lecho biológico sino en los reactores de digestión de lodos ubicados posteriormente y que sirven para el tratamiento del mismo.

La utilización de este tipo de lecho puede ser para el tratamiento de grandes cantidades de agua residual aunque con una menor reducción de DBO₅ de 74% a 90%.

Sus dimensiones deben considerar una proporción de recirculación de 1:1 para aumentar la eficiencia del tratamiento y así la DBO₅ del agua residual sea de 150 a 200 mg/l o menor.

Los lechos biológicos percoladores puedan ser de una o dos fases y cada una de ellas deben poseer su propio sistemas de recirculación

Cuando el agua concentrada puede ser revierte por bombeo, es decir, cuando pasa por el lecho biológico más de una vez, se puede obtener varias ventajas, según **HALVORSON**. El agua residual concentrada puede diluirse y

dar como resultado un DBO_5 de 100 - 150 mg/l, lo cual evita la proliferación de hongos y la consiguiente obstrucción de las capas superiores del lecho biológico. Es posible obtener concentraciones óptimas del efluente (de unos 25 mg DBO_5/lt con un tratamiento biológico completo de una sola fase.

- Se reducen los impactos de carga.
- Es posible mantener la carga superficial y la eficiencia del lavado al nivel necesario utilizando bombas de retomo, incluso aun cuando el volumen del efluente disminuye durante la noche.
- La recirculación. que puede repetirse varias veces, proporciona un mayor contacto entre el agua residual y la película biológica, lo cual compensa parcialmente los períodos de contacto más breves en caca peso.
- La distribución de la carga orgánica sobre las capas del lecho biológico está mejor balanceada, con lo cual se logra un crecimiento más uniforme de la película biológica.
- El lecho biológico puede recibir una carga más elevada.
- Bajo condiciones especiales un flujo mayor puede crear condiciones de flujo total o parcialmente turbulento dentro del lecho biológico, ayudando a activar los procesos de adsorción y la absorción de oxígeno.
- Se reduce el desarrollo de Psychona.
- El líquido que ingresa en el sistema de tratamiento es reconstituido y desodorizado. Además, los múltiples pesos de rociado ejercen un efecto adicional de aireación.

- Los periodos demasiados prolongados de la fase de tratamiento preliminar se puede reducir mediante la recirculación hasta niveles de concentración que eviten la descomposición del agua residual.
- El substrato biológico en el afluente que el lecho biológico descarga y retorna al efluente puede tener ciertos efectos en el agua residual desde el tratamiento preliminar. La fase biológica inicial del lecho biológico se prolonga con la recirculación.
- Los nitratos y nitritos que contienen el flujo de retomo sirve como fuente de oxígeno en las primeras fases de degradación junto con la liberación del nitrógeno elemental y la reducción de las propiedades fertilizantes del agua residual. Una pérdida del 50% de N_2 en un solo pase puede elevarse de 61% a 65% cuando se recicla el efluente.

DESVENTAJAS SON LAS SIGUIENTES:

- Una mayor demanda de energía.
- Se tiene que aumentar las dimensiones de las fases de tratamiento y final, o ambas, y las de las tuberías que alimentan y distribuyen en el agua residual.
- Puede excederse la carga superficial óptima.
- Es posible el enriquecimiento con sustancias con resistencia a la degradación bioquímica.

- Se produce un mayor enfriamiento y se reducen, así, las actividades biológicas.

TABLA 2.-14

CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS PERCOLADORES SEGÚN SU CAPACIDAD DE CARGA.

Tipo	Altura mt	Cb m³/m²- día	Cd Kg DBO/m³-día
Baja carga	1.80-3.00	0.94- -3.74	0.08-0.32
Carga intermedia	1.80-3.00	9.36-28.08	0.24-0.48
Carga alta	0.90-2.40	9.36-28.08	0.48-0.96
Súper carga o filtro torre percolador	3.00-12.00	28.08-46.8	0.80-1.60

2.2.3.2.3 TORRES DE FILTRACIÓN BIOLÓGICA O FILTROS TORRE.

Las torres de filtración tuvieron su aparición en 1952 Se logró determinar que a eficiencia de estabilización de las aguas residuales con los lechos biológicos aumentaba proporcionalmente a la altura del lecho. Por otra parte, un lecho alto con un volumen de contacto proporcionalmente menor, resultaba atractivo para aquellos establecimientos industriales cuya área de construcción era reducida. Sin embargo estas torres de filtración se han utilizado poco en el

tratamiento de aguas residuales domesticas, ya que se necesitarían torres de 5 a 20 mts. de altura para tratar grandes cantidades de agua residual una estructura tan elevada no resulta recomendable en términos del diseño arquitectónico, además, se consume una mayor energía en el bombeo o cual es más costoso que el probable ahorro en los costos de construcción de las torres, en comparación con los lechos biológicos normales.

Las torres de filtración biológica se utilizan específicamente para tratar aguas residuales con un alto grado de contaminación orgánica.

Algunos parámetros de diseño:

H= 3 a 12 mts.

Ch = Carga Hidráulica = (28.08 a 46.80) $\text{m}^3/\text{m}^2\text{—día}$

Co = Carga Orgánica = (0.80 a 1.60) Kg. DBO/ $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-día}$

Los filtros torre deben ser contruidos dependiendo de la topografía del lugar y su estructura debe ser cuidadosamente diseñada y construida.

2.2.3.3 REACTORES ANAEROBIOS DE CONTACTO.

ORIGEN

El proceso de contacto ha sido aplicado exitosamente al tratamiento de algunos residuos industriales diluidos. El mejor logro de este proceso es el de la tasa de utilización del sustrato (alimento bacterial) y dejando una mínima concentración del mismo en el efluente, la tasa de utilización del sustrato se

aumenta a través de concentraciones bacterianas más altas, logradas a través de mejor separación de sólidos y su recirculación. En realidad el proceso no aumenta las tasas de generación bacterial, pero es menos dependiente de estas debido a la recirculación y ofrece una concentración bacterial mucho más alta.

La mayor desventaja de este proceso está en la separación de las fases de gas sólido y líquido o cual es crítico para la eficiencia del sistema. Una falla en la separación sólido líquido daría como resultado un efluente deteriorado y en la eventual falla del proceso ya que es precisamente la recirculación de sólidos, la que lo hace funcional.

Hace algunos años McCarty introdujo una modificación al proceso de contacto anaeróbico al cual llamo, filtro anaeróbico esta modificación es particularmente útil para el tratamiento de aguas residuales concentradas libres de sólidos.

Este filtro * (fig. 2-12)* consiste en una estructura confinada y operada en un flujo ascendente y provista de un medio filtrante, el filtro es hasta el momento una de las mayores alternativas para evitar el inconveniente del proceso de contacto, El filtro anaeróbico puede trabajar a tasas altas de utilización de sustrato presentando un proceso que ya no depende de la difícil separación sólido-líquido, ni de la recirculación.

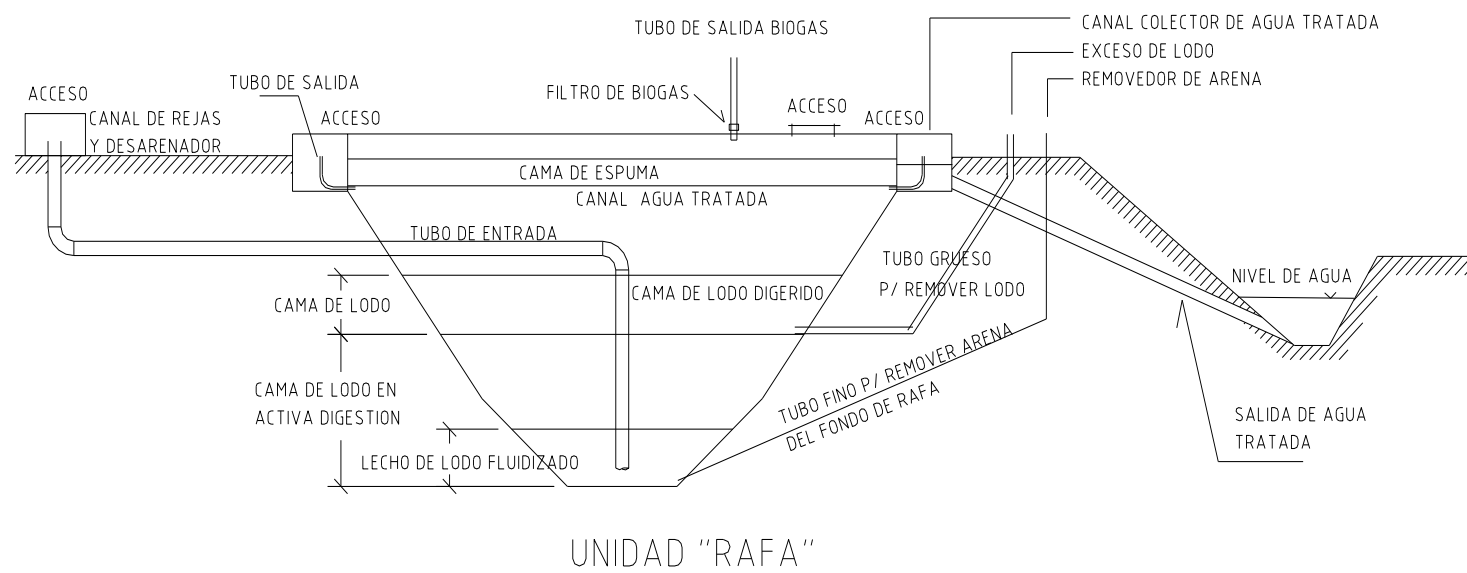


FIGURA 2-12

Hoy gracias a los esfuerzos realizados por Lettiwga en Wageningen, Holanda, Harvin y Henze en Dinamarca y otros del instituto de Georgia en Estados Unidos y otros estudios del tema, se cuenta con un nuevo proceso de tratamiento que conjuga dos condiciones básicas buscadas desde hace mucho tiempo. Este proceso es el Reactor Anaeróbico de flujo ascendente.

2.2.3.3.1 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

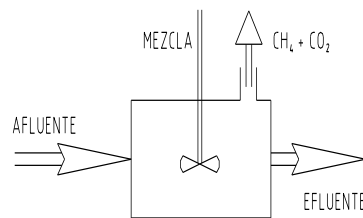
Este proceso de tratamiento. Conjuga dos condiciones básicas: espacio reducido para su implementación y ningún requerimiento de energía, con el atractivo de ser un proceso limpio, inodoro y silencioso, además de poseer la innegable ventaja de producir energía en forma de Biogás.

La figura No 2-12 esquematiza este proceso anaerobio de lecho fluidizado en flujo ascendente nótese que se ha reemplazado el medio filtrante del filtro anaerobio, por el lecho de lodos y a la vez se ha incorporado un sistema de separación de las fases, gas, sólidos, líquidos en el cual no es requerido en el caso del filtro anaerobio.

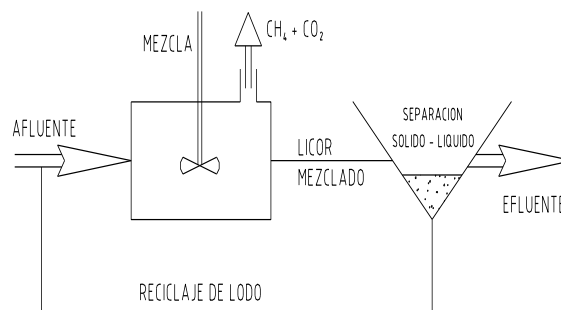
En el agua residual entra con flujo ascendente al reactor y hace contacto con el lecho fluidizado, los cuales, después de un tiempo, flocculan logrando una conformación granular, posteriormente el agua residual pasa por un sistema de de gas, sólidos, líquidos en el cual se atrapan las partículas arrastradas con el efluente en una captación secundaria de lodos conformada en el comportamiento de sedimentador (fig.2-14). La ventaja de este proceso sobre el

convencional, radica en la no-utilización de equipo de mezcla y en el logro de tiempo de retención de lodos muy largos, los cuales no se obtienen en el proceso convencional

FIG.2-13



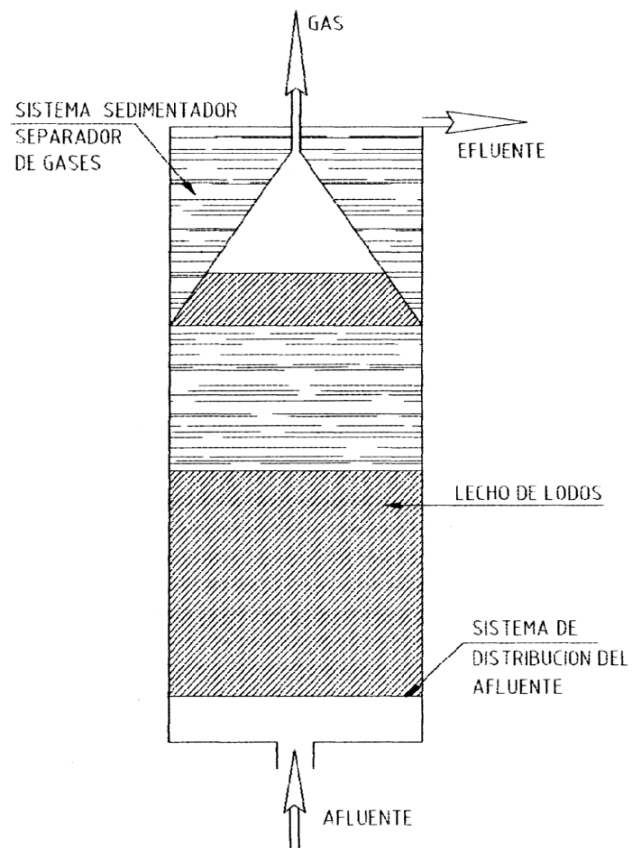
PROCESO CONVENCIONAL



PROCESO DE CONTACTO ANAEROBICO

DIGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS ANAEROBICOS CONVENCIONAL Y DE CONTACTO

FIG. 2-14



ESQUEMATIZACION DEL PROCESO ANAEROBICO
DE LECHO FLUIDIZADO EN FLUJO ASCENDENTE

DESCRIPCIÓN

El reactor anaerobio de flujo ascendente conocido como RAFA, es una nueva tecnología cuyas principales características son de bajo costo, la

simplicidad y la posibilidad de modulación. Es un tanque digestor en cuya parte superior, posee un sistema de sedimentación y un sistema de deflexión de gases.

El agua residual entra uniformemente, distribuida por el fondo y su flujo es hacia arriba. En el fondo del reactor se forma un manto de lodos responsable de la degradación de la materia orgánica, transformándola en metano, bióxido de carbono y bacterias nuevas. Durante el ascenso hay sedimentación y el lodo se distribuye en toda la altura, ubicándose en lo más denso de la parte inferior,

El efluente del reactor usualmente es tratado en alguna otra unidad como filtración o laguna (tratamiento secundario). El lodo acumulado puede llegar a ser excesivo por lo que es necesario ordenar parte de él cuando así lo amerite. El biogás acumulado puede ser aprovechado para la producción de energía.

El área requerida para su ubicación es sumamente reducida y no necesita de ningún equipo electromecánico para su operación.

El efluente en el reactor entra a través de tubos difusores distribuyéndose en el fondo del mismo a altas velocidades, a medida que baja a velocidad ascendente, se crean condiciones para la formación de un manto de lodos en donde se procesa la biodegradación anaerobia.

En la parte superior del efluente es recolectado a través de vertederos de baja tasa de escurrimiento y después pasan a otro tipo de tratamiento o al cuerpo receptor.

PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento está basado en la acción de bacterias anaerobias sobre materia orgánica del agua residual. Del resultado de esta acción de bacterias a mayor parte de la materia orgánica del agua negra es convertida en biogás donde predomina el metano.

Otra parte de la materia orgánica inorgánica del agua residual es convertida en producto estable pero no digerible y que constituye el lodo excedente. El caudal debe ser removido constantemente de 4 a 6 meses, para evitar que escape el lodo excedente con el agua tratada.

Otra parte de la materia orgánica es utilizada para alimentar y reproducir las bacterias anaerobias que quedan activadas y concentrándose en el fondo del reactor formando el colchón de lodos. Este lodo activo del fondo del reactor no deberá removerse.

Una parte extremadamente pequeña del agua residual está constituida por productos basándose en azufre, los cuales son convertidos en gases sulfurosos, que son productos malolientes que se desprenden del agua negra si el agua está ácida el pH menor de 7 característica típica de la digestión anaerobia desbalanceada o digestión ácida provocada por la presencia de bacterias metanogénicas que trabajan lentamente cuando el pH decrece.

El agua a tratar ya desarenada y sin sólidos mayores de 3 mm de diámetro llegan al fondo del reactor, debido al hecho de que la sección transversal en el fondo de la unidad es pequeña, el agua que entra causa gran turbulencia y

principia a ascender verticalmente con el agua y a su paso fluidiza las partículas de arena fina y de granos de lodo anaeróbico a medida que sube la velocidad va disminuyendo y la materia orgánica va siendo dirigida hasta ser inicialmente convertida en productos simples azúcares, aminoácidos, ácidos, grasas, etc. por las bacterias acidogénicas, después estos son transformados en biogás por las bacterias metanogénicas del lodo anaerobio.

El proceso de digestión anaerobia, está prácticamente terminado después de que el agua ha sido filtrada a través de la cama de lodo anaerobia. Encima de esta cama existe la de lodo digerido donde se acumula a materia orgánica que no se convirtió en gas Aquí todavía existe un pequeño tratamiento y es donde ocurre el equilibrio entre la velocidad de sedimentación de las partículas de lodo y la velocidad de arrastre ascensional.

VENTAJAS DEL REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

1. La necesidad de energía para el progreso es muy baja, ya que no requiere de equipo electromecánico para su operación
2. El proceso genera productos muy valiosos
 - a) Gas de fermentación metano, CH_4 con 70% a 80% de valor energético de gas natural
 - b) Lodo de exceso de fertilizantes y estabilizador del suelo
3. La cantidad de lodo en exceso es mínima, fácilmente drenable y por los costos de tratamiento del lodo y transporte son muy bajos.

4. La construcción es simple rebajando los costos de inversión en comparación con las plantas anaerobias además se necesita poco espacio.
5. La necesidad nutritiva (N y P) de las bacterias es poca.
6. El lodo no puede quedarse por meses en el reactor sin nutrientes, motivo por el cual es muy adecuado para la industria que trabaja cíclicamente
7. El mal olor de la instalación puede ser prevenido
8. La instalación no hace ruido.

DESVENTAJAS DEL REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

El comienzo del proceso requiere de un periodo de 8 a 12 semanas para alcanzar eficiencia para la que fue diseñado.

1. El proceso es sensible a cambios rápidos de temperaturas y a la presencia de ciertos productos tóxicos. hidrocarburos y metales pesados.
2. No hay remoción de nitrógeno y fósforo
3. Trabaja para concentraciones altas de D.B.O.

PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño condicionan el funcionamiento del reactor de la siguiente forma

El afluente entra en la base del reactor tiene una velocidad de ascensión reducida permitiendo que los sólidos sedimentables encuentren un punto de

equilibrio entre la fuerza ascensional y la de gravedad estacionándose en una determinada altura. Estos sólidos estacionados y distribuidos en toda el área transversal del tanque sirven de soporte para el crecimiento de las bacterias y como el ambiente donde se desenvuelven no hay oxígeno suficiente, solamente las anaerobias tienen condiciones para desarrollarse. A medida que el manto de lodos se forma más denso para funcionar como un filtro, reteniendo sólidos de menores dimensiones, que los procesos clásicos de sedimentación difícilmente remueven.

La masa biológica, representada por el manto de lodos presenta condiciones ideales en lo que se refiere a la relación alimento – bacteria. El sustrato disponible pasa a ser el total de biodegradable presentes en el efluente, inclusive los solubles y los coloidales.

La eficiencia del proceso además de depender de la temperatura y acidez del medio es altamente dependiente del tiempo de retención hidráulica o sea del tiempo disponible para que las bacterias utilicen el sustrato.

Los gases escapan en forma de burbujas formadas por la colisión de las microbolas, eventualmente pequeñas bolas pueden arrastrar materiales sólidos que deben ser separados del efluente final. Siendo la unidad cerrada o semicerrada, el biogás producido puede ser acumulado, permitiendo el aprovechamiento del potencial energético representado por el gas metano.

TABLA 2-15

VELOCIDADES

En la entrada del efluente	15 m/h
Manto de lodo	2 m/h
Parte inferior	1 m/h
En el nivel de salida del agua	0.50 m/h

CAUDAL DE DISEÑO

Proviene de los datos de diseño del sistema de alcantarillado, con la salvedad que el caudal industrial antes de ser conectado a la red de alcantarillado deberá ser tratado con cualquier proceso físico, químico o biológico.

TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

Siguiendo las investigaciones holandesas, la eficiencia del proceso en términos de remoción del DBO está relacionada con el tiempo de retención hidráulica. Con TRH de 6 a 8 horas se puede obtener una eficiencia del 80%.

Análisis realizados en Brasil prueban que los efluentes con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas da una eficiencia superior al 30%.

Baja eficiencia (30-40%)	3h
Alta eficiencia (arriba de 80%)	8h

CARGA ORGANICA

Carga máxima = 0.200 kg. D.Q.O./1kg. de bacterias al día.

MANTO DE LODOS MAXIMAS

50 kg. De S.S.V. por m³.

CARGA VOLUMÉTRICA

2 a 3 m³/m²-día

DISPOSITIVOS DE RECOLECCION DEL AGUA TRATADA

En los reactores anaerobios de flujo ascendente se han adoptado diferentes por ejemplo:

- Vertederos a lo largo de la periferia del tanque
- Vertederos con pantallas deflectoras que impiden la llegada de espuma
- Bocas de tubos sifonados distribuidos en la periferia del tanque
- Cualquier otra forma que el diseñador crea que se adapte a su proyecto.

Las bocas de tubos sifonados se diseñan con los siguientes parámetros:

- a) Tasa de escurrimiento superficial 20 m³/m²-día
- b) Caudal unitario del vertedero 1.5 lts/seg./m/m lineal
- c) Velocidad de 0.8 m/h.

FORMA DEL REACTOR

Para mantener el manto de lodos estable es necesario estabilizar la velocidad de ascensión lo que se consigue de dos maneras:

- a) Reactor de ascensión y caudal constantes
- b) Reactor de ascensión y caudal variables

La sección de caudal variable se logra con una forma cónica o tronco cónico con a base mayor hacia arriba. El afluente entra en la parte inferior correspondiéndole una menor sección y aportando una mayor velocidad para el caudal dado.

El aumento graduado de la sección, de la parte inferior a superior, implica una graduada de la velocidad ascendente y el manto de lodos se forma en una zona de equilibrio entre a velocidad de 2 a 1 m/h, encima de esta sección corresponde la velocidad de 1 mt/h, la velocidad decrece hasta la velocidad para a sección al nivel de salida el manto de lodo se desprende verticalmente de acuerdo con la variación del efluente. La inclinación de las paredes debe ser igual o superior a 45 con la horizontal para evitar depósitos de material.

La distribución uniforme del flujo en toda la sección transversal del reactor es esencial para evitar los rompimientos de lodo.

En los reactores de pequeñas capacidades, es posible una única entrada en el vértice del cono invertido. Para capacidades mayores, es necesario adoptar una forma de tronco cónico, evitando alturas excesivas En este caso es

necesario distribuir el afluente en varios puntos a través de difusores que parten de una caja distribuidora dotada de vertederos triangulares individuales.

CONTROL OPERACIONAL

Remoción de Excesos de Lodos

La remoción de lodos puede hacerse mediante presión hidrostática por gravedad o también puede utilizarse equipo de bombeo.

El exceso de lodos digeridos es recomendable removerlo cada 5 o 6 meses durante horas de pequeño caudal y de pequeña producción de biogás.

El lodo removido se puede secar y utilizarse para abono orgánico.

El inicio de Operación

El inicio de operación es el periodo en el cual el reactor empieza a ser operado bajo condiciones físico - químicas particulares y un tiempo de retención hidráulico definido y termina cuando se puede aplicar a carga orgánica volumétrica de diseño bajo condiciones estacionarias o en el tiempo requerido para alcanzar una actividad metanogénica de 10 kg.

Del inicio del funcionamiento depende la eficiencia final de la planta, por ello es necesario tener sumo cuidado al arrancar el funcionamiento de este tipo de planta, lo cual fundamentalmente depende del periodo de retención.

De experiencias anteriores se ha obtenido los siguientes resultados.

TABLA 2-16

TIEMPO PERIODO DE RETENCION

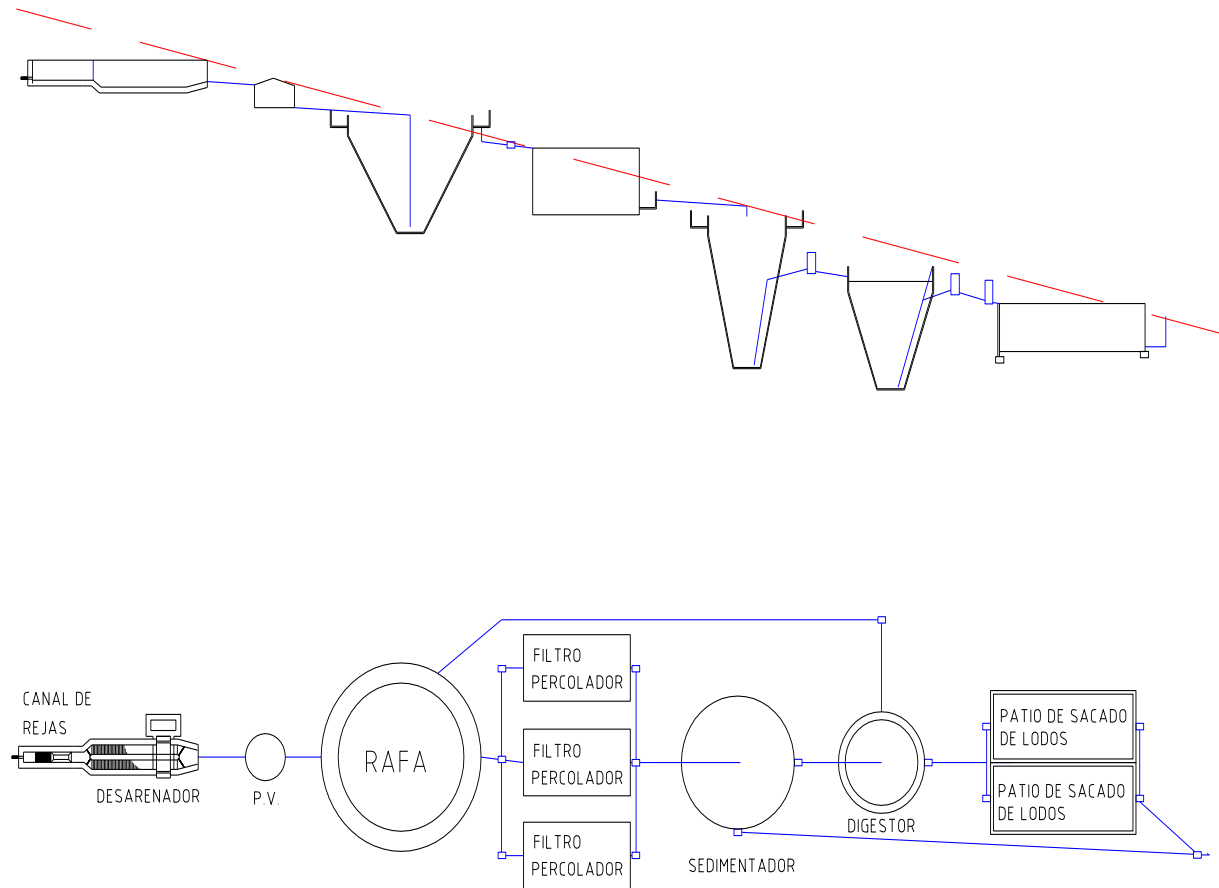
TIEMPO	PERIODO DE RETENCION
1 mes	1 día
15 días	20 hrs
15 días	16 hrs
15 días	12 hrs

De estos datos se deduce que la planta tardará 2 a 3 meses para obtener la eficiencia esperada, después de este periodo, la planta entrará a funcionar a su periodo de retención normal de 8 horas.

Un arranque satisfactorio del proceso requiere la presencia de varios factores relacionados entre si.

- a) Un alto crecimiento microbiano de nueva biomasa está adaptada al nuevo sustrato
- b) Una excelente sedimentabilidad de los lodos
- c) Condiciones ambientales
- d) Tipo de inóculo inicial.

Fig. 2-12



ESQUEMA DE PLANTA DE TRAMIENTO (TIPO)

2.2.3.3.2 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.

DESCRIPCION DEL SISTEMA Y MODO DE OPERACIÓN.

En 1967. Young y McCarty desarrollaron el concepto de filtro anaerobio Este estableció la factibilidad de este tipo de reactor y describió su forma de operación.

El filtro anaerobio opera como un proceso de contacto a través del flujo, en el que los residuos pasan sobre o a través de un lecho de sólidos biológicos retenidos en una biopelícula o suspendidos como una masa de gránulos en el reactor (fig. 2-16).

Los materiales orgánicos del agua residual se adhieren a la superficie de los gránulos o de la biopelícula, donde son convertidos a compuestos intermedios, los cuales son transformados a gas metano.

Este tipo de reactor tiene las siguientes características es capaz de producir altos tiempos de retención de sólidos, por lo tanto hace posible tratar efluentes industriales de carga orgánica moderadamente baja(2000 a 20000 mg DQO/lit), es altamente estable aun cuando se opere bajo una amplia variación de flujos y cargas transigentes e intermitentes, a granulación de los sólidos biológicos en los espacios intersticiales en el soporte contribuye fuertemente a su estabilidad y es un factor esencial para una alta eficiencia.

En el diseño de un reactor anaerobio a carga máxima aplicable puede estar la capacidad de retención de la biomasa del reactor, siempre que las

FIG. 2-16



ESQUEMATIZACION DEL FILTRO ANAEROBICO
CON FLUJO ASCENDENTE

condiciones del medio ambiente (pH, nutrientes, ácidos. grasos volátiles, factores inhibitorios) y la capacidad amortiguadora sean satisfactorias. Esto puede depender de muchos factores, pero principalmente esta controlado por la forma en la que se comporta el sustrato.

Con el fin de asegurar una retención efectiva de la biomasa en los reactores de alta carga tanto el diseño como las condiciones de operación deben ser optimizados. Para el caso del filtro anaerobio, es requisito indispensable que la biopelícula sea estable y que haya una separación correcta gas/sólido, por medio de un lecho de material de relleno o por sedimentación externa.

Asimismo, la formación de la biopelícula es el paso limitante en el arranque del reactor, esta se encuentra fuertemente influenciada por las propiedades del soporte. la generación del cultivo iniciador y el 'stress' de corte sobre la superficie. Por lo tanto, para tener un arranque rápido se requiere de soportes superficie porosa o rugosa. Además, este tipo de soportes son benéficos cuando se esta operando en estado estable, ya que los poros y nichos protegen a las bacterias contra esfuerzos cortantes. Algunos soportes artificiales, tales vidrios de poro abierto cerámica o plástico muestran excelentes propiedades de inmovilización pero con frecuencia son muy caros.

La mayoría de los soportes (materiales al azar u orientados) permiten mantener concentraciones máximas de biopelículas de alrededor de 3-5 g SV sólidos volátiles/l del volumen del reactor, esto significa que un reactor

que solo tenga biopelícula, no podría ser cargado con más de 5 Kg DQO m³/d-l. Por lo tanto, es evidente que la remoción de la DQO en los filtros de flujo ascendente, depende principalmente de la biomasa suspendida y la eficiencia del reactor no es proporcional a la superficie específica del soporte pero sí a su capacidad de atrapar biomasa. Es también razonable que en el caso de soportes orientados, su ángulo sobre el plan horizontal es inversamente proporcional a la eficiencia del reactor porque los canales inclinados trabajan como un sedimentador de lámina.

Otros materiales de soporte para filtros de más reciente desarrollo, son capaces de retener grandes cantidades de biomasa fija, por ejemplo, el poliuretano reticulado es capaz de retener arriba de 15 g SV/l de volumen de reactor en forma fija. Si el soporte es acoplado para formar canales el filtro mostrara una actividad biológica consistente y por lo tanto podría ser posible y benéfico para el proceso poner más soporte para llenar el espacio vacío del reactor. Otros soportes incluyen roca volcánica, anillos de PVC, cuarzo, piedra lima, astillas de granito partículas de arcilla anillos de cerámica, coral, conchas de ostión, anillos de bambú y caña.

La creación y mantenimiento de condiciones óptimas para favorecer el contacto de la biomasa retenida y el agua residual que esta sometida a tratamiento, es otro aspecto fundamental del concepto de la tecnología de este tipo de reactores.

Para que haya un contacto efectivo en el filtro anaerobio, se requiere de una distribución adecuada del efluente, evitando los cortocircuitos y las canalizaciones en la zona empaquetada y también, que exista un mezclado suficiente en el lecho.

Los factores que influyen en la operación de los reactores, repercuten en el rendimiento de la población microbiana dentro del reactor. Estos factores pueden tener efectos substancialmente diferentes, según la biomasa haya crecido en biopelículas o gránulos densamente empaquetados o se encuentre dispersa en el medio o en floculos.

- En filtros anaerobios a gran escala, varios autores han demostrado que la actividad mas alta esta asociada con la biomasa suspendida y/o atrapada, más que con la biopelícula. Esto puede explicar parcialmente la dificultad de diseñar un filtro anaerobio sobre las bases de la carga y de la superficie de la biopelícula.
- Así también, otro factor importante en la operación del reactor, es el efecto de los sólidos suspendidos del agua residual. Es interesante indicar no solo la capacidad del reactor para degradar tales sólidos sino también el impacto negativo que pueden causar tales sólidos al ser introducidos en el reactor y permanecer en él, o su efecto a largo plazo. Los

filtros anaerobios pueden tolerar concentraciones “medias” de sólidos suspendidos (SS) dependiendo del tamaño de partícula su naturaleza biodegradabilidad, etc. Los efectos adversos de altas concentraciones de este tipo de sólidos, son la reducción de la actividad específica del lodo y el posible taponamiento del material de relleno.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los procesos anaerobios en general tienen las siguientes ventajas en relación con los procesos aerobios (McCarty 1985, Lettinga 1984)

- Baja producción de lodos
- Bajo requerimiento de nutrientes
- No se requiere energía para aireación
- Posible recuperación de metano
- Menores necesidades de espacio
- Se conservan compuestos valiosos como el amonio
- Se degradan solventes peligrosos como cloroformo, tricloroetileno (cuando se alimentan a bajas concentraciones)

De un modo particular, el filtro anaerobio posee cuatro habilidades importantes (Young 1983).

1. En concentraciones relativamente bajas (1000 a 10000) mg (DQO/l) las aguas residuales pueden ser tratadas efectivamente a bajas

temperaturas sin a necesidad de la sedimentación de sólidos o recirculación.

2. El proceso puede proveer un tratamiento más efectivo a cargas orgánicas mas altas que os digestores de mezclado perfecto.
3. El proceso es relativamente insensible a los cambios en los rangos de carga orgánica, puede aceptar severos choques de carga sin experimentar cambios y es capaz de un rápido arranque después de periodos relativamente largos sin alimentación (meses)
4. El tiempo de retención de sólidos es alto, por o que la producción neta de sólidos biológicos es tan bajo que el desalojo de los sólidos no es requerido por vanos meses o años de operación. Una de las limitantes de estos reactores, es que debido a la distribución desordenada del soporte, las purgas de lodo no son efectivas, lo que provoca una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo puede crear problemas de taponamiento.

2.2.3.4 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Su función principal es la de separar los sólidos que trae el agua de los procesos biológicos mediante el fenómeno de la sedimentación, los cuates se van acumulando en el fondo y los que posteriormente se sustraerán por medios de bombeo o de gravedad hasta donde se le dará un tratamiento a los lodos.

Estos tanques sedimentadores son diseñados similares a los del tratamiento primario y deben tener un coeficiente de sedimentación por unidad de superficie no mayor de $32.6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$.

Tabla 2.17

PARÁMETROS DE DISEÑO DE SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

Periodo de Retención	90 minutos
Carga Hidráulica	40-60 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-día}$
Remoción	DBO5 30-40%
SS	40-65%

Fuente: Tratamiento de aguas residuales.

Ing. Rivas Mijares.

2.3 TRATAMIENTO DE LODOS

2.3.1 INTRODUCCION.

Todos los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales producen, en mayor o menor grado alguna forma de lodo conocida como el concentrado de contaminación, y su tratamiento y disposición es razonable, el mayor problema actual en el tratamiento de las aguas residuales Casi la mitad del costo del tratamiento de las aguas negras está representado por el tratamiento y disposición de los lodos. A pesar de que los lodos se pueden considerar como un concentrado de la contaminación o un precipitado de la DBO, está sin embargo compuesto solo por agua y contiene, cuanto más, un bajo porcentaje de materia sólida, la proporción de materia orgánica en los sólidos de los lodos está entre e 70 y 80%.

El objetivo principal del tratamiento de los lodos es reducir el volumen que se ha de manipular y además aumentar su estabilidad biológica, a fin de producir un material suficientemente concentrado e inofensivo para la selección del método último de disposición. En general esto significa eliminar el agua que sea posible de los lodos, tan rápido y económico como sea posible; para dejar un residuo compacto fácil de disponer, además de su alto contenido de agua, el otro problema de los lodos es su tendencia a la putrefacción. Por tanto, la principal preocupación es “estabilizar” los lodos para reducir su actividad biológica y la tendencia a la putrefacción y su contenido de organismos causantes de enfermedades, por lo general la estabilización se realiza biológicamente por digestión pero se puede utilizar

también métodos químicos. La digestión reduce el contenido de materia orgánica y elimina los olores desagradables, se puede realizar aeróbicamente o anaeróbicamente. Los lodos son efectivamente un líquido rico en nutrientes, además, la digestión resulta adecuada para el tratamiento de aguas residuales con alta concentración procedentes de industrias de bases biológicas.

2.3.2. GENERALIDADES

Los procedimientos para tratar los lodos varían según la fuente y el tipo de aguas residuales de las que se derivan, del proceso utilizado para tratar las aguas residuales y el método último de disposición a la que se destinan los lodos.

Cuando el tratamiento incluye una etapa primaria de sedimentación, los lodos activados de desecho se pueden mezclar con los lodos primarios o alimentarlos directamente al clarificador primario. Los lodos que no han sido estabilizados químicamente, térmicamente o por digestión se conocen como lodos “crudos”. La estabilización de los lodos crudos depende considerablemente del proceso de producción. Los lodos de los procesos de aireación prolongada que operan sin sedimentación primaria ya han experimentado, cierto grado de digestión aeróbica en la etapa de aireación, y están por lo tanto, menos expuestos a la putrefacción que los lodos de una etapa de sedimentación primaria o de un tratamiento de alta tasa.

En el tratamiento preliminar de los lodos, el objetivo principal es reducir el volumen a manipular. Por el aumento de la concentración de

sólidos en los lodos, se debe tomar en cuenta que el contenido tan bajo de sólidos de los lodos produce una enorme reducción en volumen de ellos. Por ejemplo un Kg. de sólidos de lodos está contenido en 100 Lts. de lodo a una concentración del 1%, pero en solo 50 litros a un nivel de 2%. El proceso que produce aumentos en este orden, en la concentración se llama “espesamiento”

2.3.3. ESTABILIZACION DE LODOS

La digestión anaerobia se usa comúnmente para la estabilización de lodos en la que aproximadamente la mitad del contenido orgánico de los lodos (35 a 40% de los sólidos de los lodos totales) se fermentan para formar un gas que consiste principalmente de metano. Los lodos digeridos anaerobicamente son negros con tenue olor a alquitrán, que se considera en general como inofensivo, y es suficientemente estable para poder ser utilizado como fertilizante.

En el largo período de aceleración requerido hace que la digestión aeróbica sea costosa en términos de energía, pero el equipo necesario es más simple que el utilizado en la digestión anaeróbica, con los consiguientes costos de inversión más bajos. En la estabilización química, se añade cal para aumentar el pH a un valor mayor de 12 lo que reduce el olor, destruye los organismos causantes de enfermedades y facilita la deshidratación de los lodos.

2.3.4 DESHIDRATACION DE LODOS

La remoción de suficiente cantidad de agua de los lodos para que adquiera características casi sólidas, se conoce como “desechado”. Esto se realiza con un contenido de sólidos de aproximadamente 50%

Con frecuencia también se efectúa el desecado en los lechos de arena, donde el agua se separa de los lodos por una combinación de drenaje y evaporación del agua y asentamiento de los sólidos de los lodos.

2.3.5 SECADO E INCINERACION

Los lodos secos se pueden aprovechar como fertilizantes o acondicionadores del terreno, pero los costos de secado son elevados. Se puede usar la incineración como el método último de disposición de lodos y cuando estos han sido desecados para obtener un mayor contenido mayor de aproximadamente un 30%, el calor de combustión de los sólidos de los lodos es suficiente para evaporar el contenido residual de agua. No obstante la incineración no resuelve completamente el problema de la disposición, por que será todavía necesario disponer de la ceniza residual descargándola sobre el terreno.

2.3.6 LODOS COMO FERTILIZANTES

El alto contenido de materia orgánica de los lodos podría hacer que se consideren a primera vista como fertilizantes ideales. A pesar de que aproximadamente la mitad de los lodos de aguas negras se utilicen como fertilizantes, tienen limitaciones.

La mayoría de lodos contienen hasta cierto punto organismos causantes de enfermedades y será necesario tomar precauciones al utilizarlos, por ejemplo, no se deben rociar con lodos líquidos las cosechas que se han de comer crudas. Se pensaba que la digestión anaeróbica destruía los organismos causantes de enfermedades, pero se ha demostrado que algunos sobreviven.

2.4 DESINFECCION

Las aguas contaminadas al ingresar al sistema de tratamiento lo hacen con una cantidad de patógenos que no pueden ser eliminados en su totalidad ya que la función de los componentes del sistema se diseñan para a separación de la materia orgánica e inorgánica presente en el agua, y algunos elementos remueven patógeno pero en cantidades mínimas.

Es por ello que antes de que el agua tratada sea dispuesta en ríos, lago, mar o que se utilice para fines industriales o de otra índole tiene que pasar por el proceso de desinfección.

Este término se emplea como la eliminación de aquellos organismos que pueden difundir o transmitir infecciones ya sea por contacto o ingestión de agua.

Tres categorías de patógenos que los desinfectantes tienen que lograr eliminar son las bacterias, los virus y los quistes de amebas, de lo cual depende que un desinfectante sea eficaz. Existen algunos desinfectantes que eliminan dos o uno de estos patógenos.

Para que sean de utilidad los desinfectantes del agua deben poseer las siguientes propiedades:

1. Deben destruir las clases y números de patógenos que se puedan introducir a las aguas y de las posibles fluctuaciones en composición, concentración y condición de las aguas o agua residuales sujetas a tratamiento.
2. En las concentraciones requeridas, no deben ser tóxicos al hombre ni a sus animales domésticos. ni de sabor desagradable u objetable por alguna otra razón.
3. Deben ser aplicables a un costo razonable, ser seguros y fáciles de almacenar, transportar manipular y aplicar.
4. Su concentración en el agua tratada debe ser determinable con facilidad, rapidez y de preferencia automáticamente.
5. Para proporcionar una protección residual razonable contra la posible recontaminación del agua antes de utilizarla.

El agua se puede desinfectar en una serie de formas categóricas entre las más practicas de ellas están el calor y la luz, así como los agentes químicos.

2.4.1 DESINFECCIÓN POR CALOR.

La elevación de las temperaturas del agua hasta el punto de ebullición proporcionará la desinfección.

Debido a que ninguna de las enfermedades hídricas peligrosas es causada por bacterias formadoras de esporas o por otros organismos resistentes al calor, esta constituye una práctica segura.

También se recurre a ella como una medida de emergencia bajo la forma de órdenes de hervir el agua.

2.4.2 DESINFECCIÓN MEDIANTE LA LUZ.

La luz solar es un desinfectante natural, principalmente como agente desecante. La irradiación por la luz ultravioleta intensifica la desinfección y la convierte en un agente controlable.

La fuente más común de luz ultravioleta es una lámpara de vapor de mercurio construida con cuarzo o vidrio especial igualmente transparente a la luz intensa, destructiva e invisible de 2437 Å (10-8cm) emitida por el arco de vapor de mercurio.

Para asegurar la desinfección el agua debe encontrarse libre de sustancias que absorben la luz, por ejemplo los compuestos fenólicos y aromáticos de otro tipo y de materia suspendida que interponga una sombra a los organismos contra la luz debe ser adecuado el producto tiempo-intensidad de la exposición y el agua debe estar sujeta a una buena mezcla durante la exposición en películas relativamente delgadas, con objeto de contrarrestar su adsorbedad propia.

2.4.3 DESINFECCIÓN MEDIANTE EL CLORO

El cloro elemental fue descubierto por Scheele, constituye el segundo miembro de la séptima columna de la tabla periódica. Se encuentra una capa externa de 7 electrones rodeando su núcleo. A causa de que su estructura posee una gran estabilidad, los átomos tienen una fuerte tendencia a adquirir un electrón extra para completar una capa de ocho. La tendencia se manifiesta así misma como una tendencia oxidante, por consiguiente, el cloro elemental es un poderoso agente oxidante y funciona como tal en la mayor parte de sus reacciones químicas.

Debido a que la materia orgánica en los abastecimientos de agua potable se encuentra estrechamente relacionada con su color, su demanda orgánica probable de cloro se puede calcular a partir de la intensidad de color. En forma análoga, a demanda orgánica de cloro de las aguas residuales guarda alguna relación con su DBO o mas precisamente con su DQO.

Debido a que la demanda de cloro es una función de la temperatura, concentración y tiempo, su determinación debe tomar en cuenta cada uno de estos tres factores. El cloro que efectúa realmente la desinfección constituye una parte de la demanda.

Algo muy importante que hay que tomar en cuenta es la naturaleza y condición del agua que se va a desinfectar, porque alguna agua contiene materia suspendida que puede proteger a los organismos embebidos en ella contra la desinfección química, así como contra los rayos destructores de la luz, la materia orgánica asimila a los productos químicos oxidantes. Algunos

de los compuestos resultantes pueden ser ineficientes, algunos aun pueden llegar a ser inocuos. En cloración de agua el pH es de suma importancia

La temperatura del agua bajo desinfección, mientras más alta sea la temperatura, más rápida es la destrucción. El tiempo de contacto, a mayor tiempo, más amplia es la oportunidad para la destrucción Bajo condiciones de flujo, el tiempo mínimo de desplazamiento es un factor gobernante.

En resumen, se puede decir que para la desinfección rutinaria de agua municipales e industriales, solo un producto químico, el cloro es tan eficiente como razonablemente barato, en segundo el ozono es eficiente pero relativamente caro y no es lo suficientemente persistente y un tercero, el calor es relativamente más costoso y carente de propiedades indicadoras.

CAPITULO III

EVALUACION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 ESTUDIO Y CARACTERIZACION DEL EFLUENTE A TRATAR

3.1.1 CAUDAL DE AGUA RESIDUAL

Las cantidades de agua empleadas en el proceso del beneficiado del café varían en cada cosecha. Debe tomarse en cuenta que la producción de agua residual solamente ocurre en el tiempo de la cosecha.

La producción del beneficio es de 27,500 qq de café oro por temporada y tomando en cuenta que el gasto promedio de agua es de 0.35 m^3 por cada quintal de café oro obtenido o que resulta que el consumo de agua promedio por cosecha en el beneficio Santa Adelaida es de 9625 m^3 .

En el proceso del beneficiado la utilización del volumen de agua no es constante y el agua residual es descargada cada cuatro días (depende de la producción diaria). Para calcular el volumen de descarga tomaremos en cuenta que a cosecha dura aproximadamente 115 días.

$$\frac{9625 \text{ m}^3}{115 \text{ días}} = 85.00 \text{ m}^3/\text{día}$$

En el diseño del sistema de tratamiento es necesario contar con un volumen definido de descarga por lo que habrá que diseñar un dispositivo que permita controlar el flujo.

3.1.2 ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS

Los análisis realizados a las aguas residuales pueden clasificarse en físicos-químicos y biológicos. Los principales parámetros utilizados para caracterizar el agua residual se muestran en la tabla 2.2.

Los análisis varían dependiendo del propósito de estudio o La utilización del agua.

El análisis físico químico del agua residual del beneficio Santa Adelaida fue determinado mediante prueba de laboratorio realizada en la Fundación para el desarrollo económico integral (FUSADES).

3.1.2.1 CARACTERÍSTICAS FISICAS

Sólidos totales. Son la totalidad de sólidos orgánicos e inorgánicos, o la totalidad de sólidos suspendidos y disueltos. Según el resultado obtenido en el análisis el valor es bastante superior al límite permisible, por lo que la eliminación de este será a través de medios físicos por medio de elementos como tamices, rejillas, canaleta Parshall, y unidades como tanques de sedimentación.

Sólidos suspendidos. Estos impiden que la luz llegue hasta los organismos fotosintéticos (tabla 2.3), con lo que se reduce la producción de oxígeno. Esta muestra está constituida en su mayoría por materia orgánica, lo que permite su lenta descomposición y liberarán nutrientes solubles en el agua, actuando así como una demanda retardada de oxígeno. Las sustancias

disueltas, aun en el caso de que carezcan completamente de propiedades nutrientes o tóxicas, reducirán la solubilidad del oxígeno y contribuirán a la contaminación.

Su eliminación por medios físicos o mecánicos no es fácil, por lo que debe recurrirse a procesos químicos como la precipitación química, la floculación del agua mediante aire o agitación mecánica.

Sólidos disueltos. De los sólidos disueltos totales, aproximadamente un 90% está verdaderamente disuelto y un 10% en estado coloidal. El total de sólidos disueltos está compuesto aproximadamente por 40% de orgánicos y 60% de inorgánicos. El valor obtenido es superior al rango permitido lo que hace necesario su tratamiento respectivo. Al igual que los sólidos totales y suspendidos deberán tratarse por métodos físicos o biológicos.

Turbidez. Se debe a la existencia de materia en suspensión como arcilla, lodo, materia orgánica, plancton y microorganismos. La turbiedad en el agua analizada es bastante notoria, característica no fue analizada en el laboratorio.

Sólidos suspendidos. Estos impiden que la luz llegue hasta los organismos fotosintéticos (tabla 2.3). Con lo que se reduce la producción de oxígeno. Esta muestra está constituida en su mayoría por materia orgánica, lo que permite su lenta descomposición y liberarán nutrientes solubles en el agua, actuando así como una demanda retardada de oxígeno. Las sustancias disueltas, aun en el caso de que carezcan completamente de propiedades

nutrientes o tóxicas, reducirán la solubilidad del oxígeno y contribuirán a la contaminación.

Su eliminación por medios físicos o mecánicos no es fácil, por lo que debe recurrirse a procesos químicos como la precipitación química, la floculación del agua mediante aire o agitación mecánica.

Sólidos disueltos. De los sólidos disueltos totales, aproximadamente un 90% está verdaderamente disuelto y un 10% en estado coloidal. El total de sólidos disueltos está compuesto aproximadamente por 40% de orgánicos y 60% de inorgánicos.

El valor obtenido es superior al rango permitido lo que hace necesario su tratamiento respectivo. Al igual que los sólidos totales y suspendidos deberán tratarse por métodos físicos o biológicos.

Turbidez. Se debe a la existencia de materia en suspensión como arcilla, lodo, materia orgánica, Plancton y microorganismos. La turbiedad en el agua analizada es bastante notoria.

Olor. El agua negra fresca no posee olor desagradable; sino hasta que la materia orgánica existente empieza a descomponerse, lo que atrae moscas. Esta característica no fue analizada en el laboratorio.

Color. En su estado inicial suele ser color café claro que se intensifica a medida que el mucílago se descompone. Tampoco esta característica fue analizada en el laboratorio.

3.1.2.2 CARACTERÍSTICAS QUIMICAS

PH. Este valor es clave para el tratamiento de cualquier agua residual. Base importante en el tratamiento son las bacterias (cap. II), estas necesitan crecer y desarrollarse por lo que el nivel de pH debe ser el adecuado para que para que se realice la degradación. El rango de concentración adecuado para la existencia de la vida biológica es reducido y6 crítico. El agua analizada es clasificada como ácida (pH= 4.43), lo que dificulta el tratamiento biológico a menos que previamente se modifica la concentración por medio de la neutralización.

Nitrógeno. Los compuestos del nitrógeno se encuentran entre los principales contaminantes del agua, se presentan como amoníacos, nitratos y nitritos, compuestos orgánicos solubles y materia orgánica en suspensión o en forma de películas. Los compuestos de nitrógeno orgánico se eliminan en cantidad considerable por medio de los mecanismos normales de los procesos convencionales de tratamiento biológico y aeróbico. El nitrógeno se vuelve esencial en la síntesis de proteínas y su presencia es importante en el tratamiento de los desechos por procesos biológicos.

Nitratos. El nitrógeno de nitrato es la forma más oxidada en las aguas de desecho. En un medio aeróbico, la materia oxida el nitrógeno amoniacal a nitratos. Los nitratos son utilizados por las algas y otras plantas acuáticas

DBO. Esta prueba estima el oxigeno gastado en la descomposición biológica actual de una muestra residual. y es, efectivamente, una simulación

de laboratorio del proceso microbiano de auto purificación. Es el parámetro de polución más utilizado y aplicable a las aguas residuales; ya que determina la cantidad necesaria de oxígeno para la estabilización de a materia orgánica biodegradable. De la muestra analizada resultan valores elevados de DBO que sobrepasan los límites por lo que es recomendable aplicar procesos anaerobios como: lagunas, filtros, RAFA o FAFA.

DQO. Este valor da una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable. Es la cantidad de oxígeno disuelto, necesario para estabilizar químicamente sustancias de origen orgánico e inorgánico presentes en el agua. La DQO, es en general más alta que la DBO debido a que más compuestos son oxidados químicamente. El agua a la que se realizó el muestreo índico altos valores de DQO, para estabilizarla podría utilizarse la precipitación química y en el tratamiento biológico se propone incluir la floculación.

Oxigeno disuelto. El oxigeno libre disuelto es el reactivo esencial para los procesos aeróbicos Cuando os organismos aeróbicos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto. Si éste no se repone el crecimiento aeróbico se detiene: los contaminantes orgánicos se acumularán: entonces los procesos anaeróbicos producirán sustancias malolientes de los contaminantes y el agua quedara completamente contaminada. Por tanto la demanda de oxígeno ejercida por una sustancia, es una medida de su poder de contaminación.

3.1.3 CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS TOPOGRAFICAS Y CLIMATOLOGICAS

TEMPERATURA. De acuerdo a Información proporcionada por el Servicio meteorológico nacional a temperatura promedio de a región es de 19.39 °C.

DATOS CLIMATOLOGICOS PROMEDIO

UBICACIÓN GEOGRAFICA

ESTACION : COMASAGUA

LATITUD NORTE : 13° 38.2

LONGITUD OESTE: 89° 21.5

ELEVACION : 1010 msnm

PARAMETRO	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	ag	sep	oct	nov	dic
TEMPERATURA °C	20.3	20.2	19.6	18.9	18.7	19.2	20.2	21.1	21.1	20.7	20.9	20.9

PRECIPITACION. Según datos recopilados por Servicio meteorológico nacional las precipitaciones más altas son alcanzadas en la época del beneficiado.

UBICACIÓN GEOGRAFICA

ESTACION : COMASAGUA

LATITUD NORTE : 13° 38.2

LONGITUD OESTE: 89° 21.5

ELEVACION : 1010 msnm

PARAMETRO	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	ag	sep	oct	nov	dic
PRECIPITACION EN MM	3	2	10						414	278	43	7

EVAPOTRANSPIRACION. Según la información existente de valores mensuales de evapotranspiración, basados en el Método de Hargraves, se muestran en el siguiente cuadro.

EVAPOTRANSPIRACION MENSUAL Y ANUAL (en mm)

PARAMETRO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ag.	sep	Oct	nov	dic
TEMPERATURA °C	20.3	20.2	19.6	18.9	18.7	19.2	20.2	21.1	21.1	20.7	20.9	20.9

INFILTRACION. Este parámetro indica la capacidad del suelo para que el agua proveniente de las lluvias penetre a los estratos inferiores llegando a formar la escorrentía subterránea. Los índices de infiltración de los distintos tipos de suelo fueron determinados en el proyecto ELSA-2 y para la región en

estudio se utilizará el 40% puesto que el área de recarga está constituida por lavas y superficialmente por material altamente orgánico.

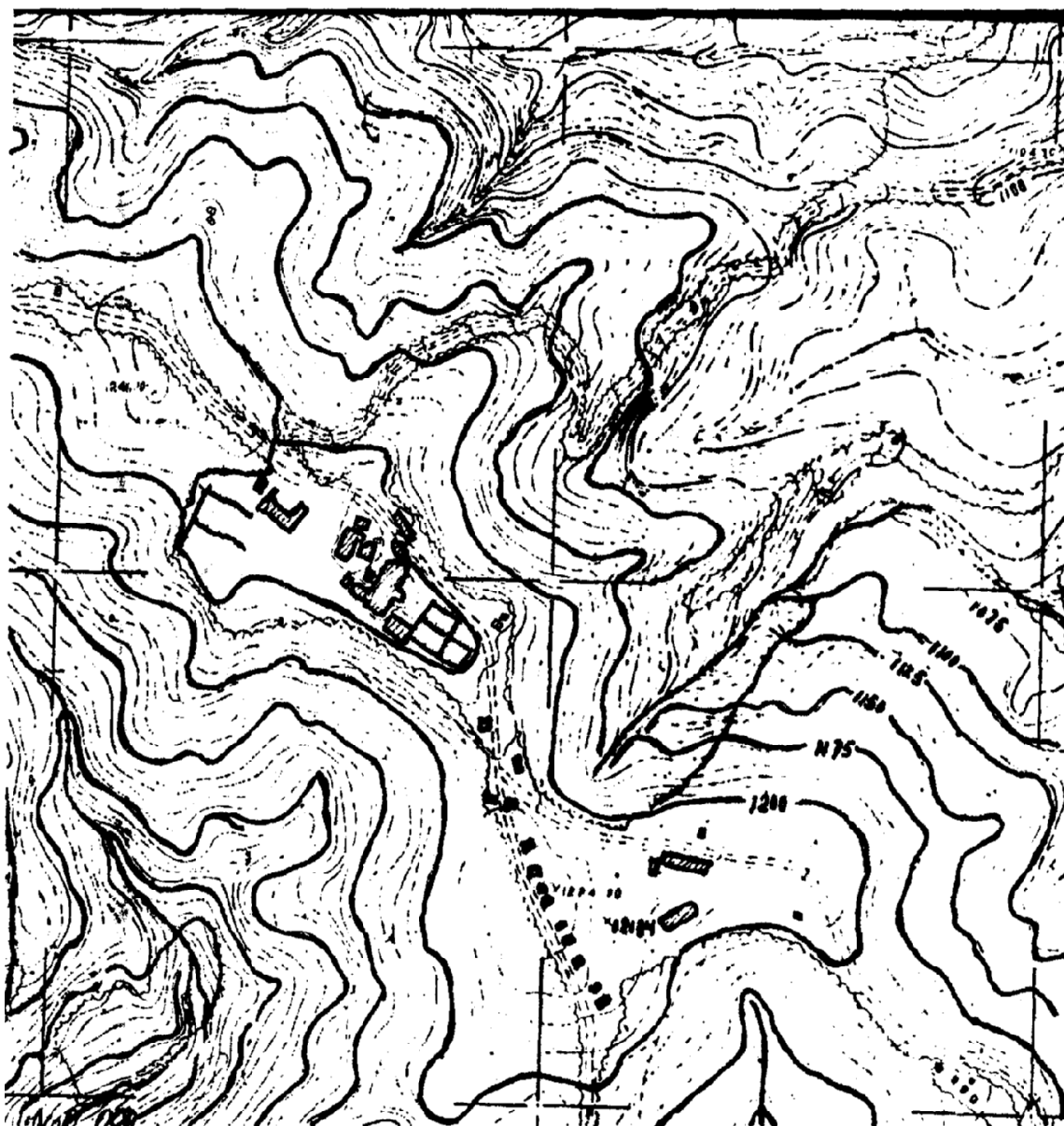
PERMEABILIDAD. Es la capacidad de los materiales porosos para permitir el paso del agua. El área estudiada posee suelos con buena permeabilidad y permiten fácilmente la infiltración del agua.

TIPO DE SUELO. Por ser una zona cafetalera posee un suelo orgánico.

Este parámetro se tendrá que tomar en cuenta a la hora de diseñar estructuras de grandes dimensiones y peso

TOPOGRAFIA. Este parámetro es clave para los sistemas a emplear, ya que en nuestro medio se trata de utilizar lo menor cantidad de equipo mecánico o de bombeo, por lo que esta zona corresponde a una tipo montañosa, con accidentes geográficos bien definido.

Todos los sistemas trabajan por gravedad por lo que se aprovecharía el máximo de la topografía.



MAPA TOPOGRAFICO DE LA ZONA

3.2 TIPO DE TRATAMIENTO SECUNDARIO.

En la selección del tratamiento a implementar debemos tomar en cuenta el aspecto económico (equipo. mano de obra, mantenimiento) y además la tecnología disponible

3.2.1 TRATAMIENTO BIOLOGICO.

El tratamiento biológico de las aguas residuales se basa en el proceso aparentemente simple en el que una población mixta de microorganismos utiliza como nutrientes sustancias que contaminan el agua. Este es el mecanismo por el cual las corrientes de agua naturales, como los ríos y lagos se auto purifican.

Los procesos biológicos se utilizan para convertir la materia orgánica que se encuentra finamente dividida y disuelta en el agua. Otro aspecto a tomar en cuenta es la relación entre la DBO y la DQO, la que se emplea para evaluar si el tratamiento será químico o biológico

Si $DBO / DQO \geq 0.4$ puede utilizarse el tratamiento biológico.

Si $DBO / DQO < 0.4$ puede utilizarse el tratamiento químico.

Algunos rangos de la reacción	DBO / DQO son:
Aguas residuales domesticas	aproximadamente 0.5
Aguas residuales comerciales	menor de 0.5
Aguas residuales de	
Fabricas de alimento y bebidas	mayor de 0.5

En nuestro caso $DBO / DQO = 7762.5 / 13065.73 = 0.59$

Por lo que es factible la implementación de un proceso de tratamiento biológico.

3.2.2 TRATAMIENTO QUIMICO.

Suele considerarse como el tratamiento intermedio, porque los resultados que se obtienen con el son mejores que los del tratamiento primario común. Este es uno de los más antiguos métodos de tratamiento y aunque su utilización ha caído en desuso al mejorar notablemente los tratamientos biológicos.

Consiste este tratamiento en agregar uno o más reactivos al agua residual para producir floculos que es un compuesto insoluble que absorbe la materia coloidal, envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables depositándolos rápidamente. Los reactivos mas usados son el sulfato de aluminio y el cloruro férrico con o sin cal.

Este tratamiento limita su uso por las siguientes desventajas:

- Requiere de personal especializado
- Alto costo de los reactivos a utilizar.
- Genera excesivas cantidades de lodos.

3.3 RECOMENDACIONES RESPECTO A LA MUESTRA.

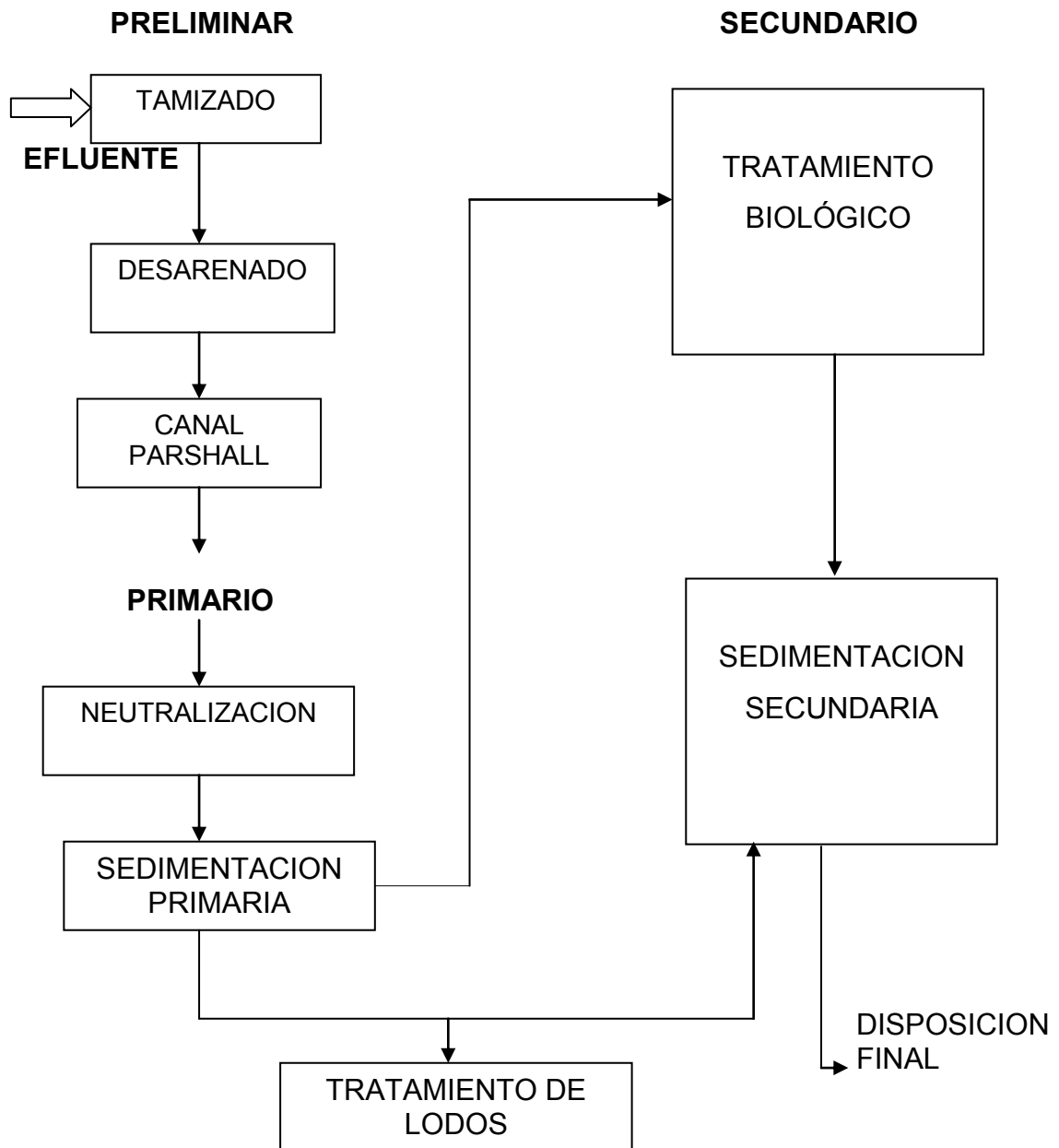
Al analizar los resultados de la muestra del agua residual y tomando en

cuenta la teoría expuesta en el capítulo II se tienen las siguientes conclusiones.

- 1- El agua contiene grandes cantidades de sólidos por lo que se utilizarán dispositivos como rejillas, tamices y elementos reguladores de caudal como el desarenador y la canaleta Parshall
- 2- Ciertos sólidos no podrán ser eliminados en el tratamiento preliminar por lo que deberán diseñarse dispositivos para la remoción de los sólidos dispersos como los tanques Imhoff, fosas sépticas o sedimentador tipo Dortmund.
- 3- Por las condiciones de acidez es necesario neutralizar el agua utilizando un reactivo como la cal. Esta operación deberá hacerse previo al tratamiento biológico.
- 4- Por la composición del agua el tratamiento secundario será biológico y puede utilizarse elementos como lagunas, el RAFA o el FAFA.
- 5- Los lodos provenientes del tratamiento primario y secundario serán estabilizados por medio de un digestor de lodos.
- 6- La disposición de lodos será en patios de secado para poder ser luego utilizados como abono
- 7- La descarga del agua tratada puede ser por dilución, filtración en el terreno natural, lagunamientos o zanjas de oxidación.

3.4 PLANTEAMIENTO DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTOS DISPONIBLES

ESQUEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



3.4.1 ALTERNATIVAS A CONSIDERAR EN CADA ELEMENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Tamizado.

- Reja tipo manual

Desarenado

- Desarenador de acción parabólica con regulador de velocidad rectangular

Canaleta Parshall

Sedimentador primario

- Tanque Dortmund

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Tratamiento biológico

- Laguna de estabilización
- Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)
- Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)
- Filtros percoladores

Sedimentación

- Tanque Dortmund

Tratamiento de lodos

- Digestor de lodos

DESCOMPOSICION FINAL

- Filtración en el terreno natural
- Zanjas de oxidación
- Lagunas

3.4.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DEL TRATAMIENTO BIOLOGICO

DISEÑO DE LAGUNAS ANAEROBIAS

- Carga volumétrica aplicada : 0.12 Kg. DBO₅ / m³ / día
- Profundidad considerada : 3 mt.
- Temperatura 18.7°c

Carga orgánica (Co) : Q * Li

$$Q = 85\text{m}^3 / \text{día}$$

$$L = 7762.5 \text{ mg} / \text{lt} = 7.76\text{kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Co} = 659.6 \text{ kg} / \text{DBO}_5 / \text{día}$$

En el sedimentador primario se logra inicialmente el 35% de remoción por lo tanto se considerará: $C_0 = 428.74 \text{ kg DBO}_5 / \text{día}$

$$\text{Volumen de las lagunas} = \frac{\text{Carga orgánica}}{\text{Carga aplicada}} = \frac{428.74 \text{ Kg / DBO}_5 \text{ / día}}{0.12 \text{ kg DBO}_5 \text{ / m}^3 \text{ / día}}$$

$$\text{Volumen de las lagunas} = 3572.83 \text{ m}^3$$

Volumen de almacenamiento de lodos (1 año)

Cálculo de la población equivalente

$$0.04 \text{ kg DBO}_5 \text{ / día} \text{ ---- } 1 \text{ hab}$$

$$428.7 \text{ kg / DBO}_5 \text{ / día} \text{ --- } x \text{ hab}$$

$$\text{Población equivalente} = 10719 \text{ habitantes}$$

$$V_{\text{lodos}} = \text{población} \times \text{carga por habitante}$$

$$V_{\text{lodos}} = 10719 \text{ habitantes} \times 0.04 \text{ K / hab / año} \times 1 \text{ año}$$

$$V_{\text{lodos}} = 428.76 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{lagunas}} = 3572.83 + 428.76$$

$$V_{\text{lagunas}} = 4001.6 \text{ m}^3$$

Si profundidad es 3 mts., el área de las lagunas será de 1333.87 m^2

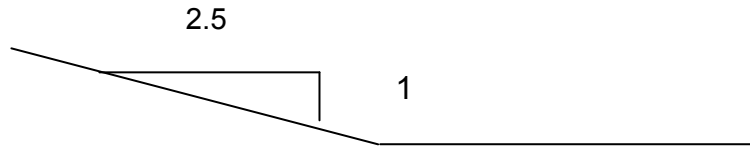
Si hacemos 5 lagunas, el área de cada una será de 266.67 m^2

$$\text{Relación largo / ancho (l/ a)} = 1.5$$

$$\text{Ancho (a)} = 13.35$$

$$\text{Largo (L)} = 20.00$$

Considerando la inclinación en las paredes



$$X = 6.25 \text{ mts}$$

$$A = 13.35 + 6.25 = 19.6 \text{ mts}$$

$$L = 20.00 + 6.25 = 26.25 \text{ mts}$$

$$\text{Área útil} = 5 * (19.6 \times 26.25) = 2572.5 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ Ha}$$

$$\text{Área de lagunas anaerobias} = 2572.5 \text{ m}^2 = \mathbf{0.25 \text{ Ha}}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga orgánica removida} &= 428.74 \text{ kg / DBO}_5/\text{ día} \times 0.5 \\ &= \mathbf{214.37 \text{ kg / DBO}_5/\text{día}} \end{aligned}$$

DISEÑO DE LAGUNAS FACULTATIVAS

$$\text{Carga orgánica} = 428.74 - 214.37 = 214.37 \text{ kg. DBO}_5/\text{d}$$

$$\text{Temperatura promedio} = \text{Temp del mes mas frío} + 2 = 18.7 + 2 = 20.7^\circ\text{c}$$

$$\text{Profundidad útil} = 1.25 \text{ mts}$$

Carga superficial aplicable (C_{sa})

$$C_{sa} = 357.4 * 1.085^{T-20} = 378.4 \text{ kg. DBO}_5/\text{ha /d}$$

$$\text{Área de las lagunas} = \text{carga orgánica} / C_{sa} = 0.566 \text{ ha} = 5665.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Asumiendo 9 lagunas el área de cada una será de } 629.5 \text{ m}^2$$

Relación largo / ancho (l / a) = 2

$A = 17.7$ mts; $L = 35.48$ mts

Al considerar la inclinación de las paredes

$A = 17.7$ mts + 3.5 = 21.24 mts; $L = 35.48$ mts + 3.5 = 39.00 mts

Área de las lagunas = $(21.25 \times 39) = 828,75 \text{ m}^2$

Área de as 9 lagunas = $7458.75 \text{ m}^2 = 0.745$ ha

Área de las lagunas anaerobia y facultativa = 1 0 ha

Carga removida (C_{sr}) = $-7.14 + 0.923 \times C_{sa} = 342.12 \text{ kg DBO}_5 \text{ ha / d}$

Porcentaje de remoción = $C_{sr} / C_{sa} = 0.90\%$

Carga orgánica removida = $214.37 \text{ kg DBO}_5/\text{d} \times 0.9 = \mathbf{192.93 \text{ kg DBO}_5 / d}$

Carga orgánica remanente (C_{or}) = $21.44 \text{ kg DBO}_5 / d$

Carga del efluente = $C_{or} / Q \times 1000 = 252.2 \text{ kg DBO}_5$

Porcentaje de remoción del sistema = $(\text{carga org. } C_{or} / \text{carga org.}) \times 100 = \mathbf{90\%}$

Área requerida = $1.0 \times 1.4 = \mathbf{1.40 \text{ ha.}}$

DISEÑO DEL REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Periodo de retorno : 30 años

Población equivalente : 10719 habitantes

Carga orgánica DBO : 0.04 Kg /h/ d

Carga aplicable : $1.8 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{d}$

Eficiencia esperada : 80%

Periodo de retención : 8 horas

Carga orgánica diaria : = 428 74 kg DBO₅/ d

Caudal aplicado : 85 m³ / d

Volumen del reactor = $\frac{\text{carga orgánica}}{\text{carga aplicada}} = \frac{428.74 \text{ Kg / DBO}_5 / \text{ día}}{1.8 \text{ kg DBO}_5 / \text{ m}^3 / \text{ día}} = 238.3 \text{ m}^3$

Considerando 3 reactores. Volumen = 238.3 / 3 = 80 m³

Zona de lodos.

Considerando un período de almacenamiento de 1 mes

Zona de lodos : 10719 hab x 0.04m³ / hab x (1/12) x (1/3)= 11.91 m³

Volumen de un RAFA : 80 + 11.91 = 91.91 m³

Volumen total de reactores: 275 73 m³

Si consideramos un reactor cilíndrico de r =7.10 mts

$$91.91 \text{ m}^3 = \frac{\pi D^2 \times h}{4}$$

H = 2.4 mts.

V = 95 m³

Velocidad ascendente

$V = Q / A_s = (85 / 24) / 39.6 = 0.09 \text{ m/h.}$ **Este valor cumple con la velocidad**

Mínima requerida (no mayor a 0.5 m/h). Tabla 2-16

Carga orgánica removida = 428.74 Kg DBO / d x 0.80 = 343 Kg DBO / d

Carga orgánica remanente = 85.74 Kg DBO / d

DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Por carga hidráulica

Carga orgánica DBO: 428 74 Kg DBO₅/ d

Caudal: 85 m³/d

Carga orgánica aplicable: 0 2 Kg DBO₅/ d

Carga hidráulica aplicada: 1 .8 m³/m² / d

Profundidad: 1.3 mt

Eficiencia esperada: 60%

$$\text{- Área del filtro} = \frac{85 \text{ m}^3 / \text{d}}{1.8 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{d}} = 47.22 \text{ m}^2$$

$$\text{- Relación largo/ancho} = 2.5$$

$$L = 10.9 \text{ mts.}$$

$$A = 4.35 \text{ mts.}$$

$$\text{- Volumen útil} = \frac{[4.35 + (4.35 - 2.2)]}{2} 1.3 * 10.9 = 46.06 \text{ m}^3$$

$$\text{- Área total de filtros} = 47.22 \text{ m}^2$$

$$\text{- Tiempo de retención} = 46.06 \text{ m}^3 / 85 \text{ m}^3 / \text{d} = 13 \text{ horas}$$

- Carga orgánica aplicada

$$V_0 = (428.74 \text{ Kg DBO}_5 / \text{d}) / (46.06 \text{ m}^3) = 9.31 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{d}$$

$$\text{- Área total del FAFA} = 47.42 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga orgánica removida} = 428.74 \text{ Kg DBO} / \text{d} \times 0.60 = 257.24 \text{ Kg DBO} / \text{d}$$

$$\text{Carga orgánica remanente} = 171 .49 \text{ Kg DBO} / \text{d}$$

DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Por carga orgánica

Carga orgánica DBO:	428.74 Kg DBO ₅ / d
Caudal:	85 m ³ /d
Carga orgánica aplicable:	0.2 Kg DBO ₅ / d
Carga hidráulica aplicada:	1 m ³ / m / d
Profundidad:	1.3 mt
Eficiencia esperada	60%
Considerando dos unidades	=195 m ³ /d
Volumen (carga orgánica) =	428.74 / 0.2 = 2143.7 m ³
Considerando 6 unidades =	357.28 m ³
- Área del filtro	= $\frac{357.28 \text{ m}^3}{1.3 \text{ mt}} = 274.83 \text{ m}^2$
Relación largo/ancho	= 2.5
L	= 26.25 mts.
A	= 10.5 mts.
Volumen útil	= $\frac{[10.5 + (10.5-2.2)] \cdot 1.3}{2} \cdot 26.25 = 320.78 \text{ m}^3$
Área total de filtros	= 320.78 * 6 = 1924.6 m ²
- Tiempo de retención	= 320.78 m ³ / (85/6) m ³ /d = 542 horas

Este alto tiempo de retención se debe a la elevada carga orgánica que posee el agua. Es inadmisibles utilizar el tiempo de retención obtenido.

DISEÑO DE FILTRO BIOLÓGICO DE BAJA CARGA SIN RECICLAJE

- Para este cálculo se aplicará el modelo matemático obtenido en la Investigaciones de La Escuela Regional De Ingeniería Sanitaria de La Universidad De San Carlos De Guatemala

$$\frac{S}{S_0} = e^{-0.1070 H/q^{0.7255}}$$

Donde

S = DBO₅ en mg / lt del efluente (50 mg/lt)

S_0 = DBO₅ en mg /lt del afluente (350 mg/lt)

H = altura del medio filtrante (2.5 mts)

q = carga hidráulica por unidad de superficie en L / s x m²

Sustituyendo valores

$$q = 0.19 \text{ lt /s/m}^2$$

Área necesaria de filtro

$$A = Q_m / q = (0.98 \text{ lt/s} / 0.19 \text{ lt/s/m}^2)$$

$$A = 5.15 \text{ m}^2$$

Utilizando viguetas distribuidoras de caudal de 3.30 mts. de largo (longitud del filtro), luego el ancho del filtro resulta = 1.56 mts; utilizaremos ancho = 1.60 mts.

DISEÑO DE LECHO PERCOLADOR

Carga orgánica DBO: 428.74 Kg DBO₅/ d

Caudal: 85 m³ / d

Carga hidráulica aplicada: 8.6 m³ /m²/d

Altura del lecho: 3.0 mt

Eficiencia esperada: 0.54%

$$\text{- Área de lecho} = \frac{85 \text{ m}^3 / \text{d}}{8.6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{d}} = 9.9 \text{ m}^2$$

$$\text{- Volumen del lecho} = 9.9 \times 3 = 29.7 \text{ m}^3$$

- Diámetro de las unidades

$$\text{- } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 3.56 \text{ mts.}$$

$$\text{- Área total de lechos} = 9.95 \text{ m}^2$$

$$\text{- Carga orgánica removida} = 428.74 \text{ Kg DBO}_5/\text{d} \times 0.54 = 231.5 \text{ Kg DBO}_5/\text{d}$$

$$\text{- Carga orgánica en el efluente} = 197.2 \text{ Kg DBO}_5 / \text{d}$$

$$\text{- Concentración} = [197.2 \text{ Kg DBO}_5/ 85 \text{ m}^3 / \text{d}] * 1000$$

$$\text{Concentración} = 2320 \text{ Kg DBO}_5 / \text{M}_3$$

El alto valor de concentración obtenido se debe a la elevada carga orgánica; por lo que resulta inadecuado el uso de esta unidad.

3.5 CRITERIOS DE SELECCION

Para establecer los criterios de selección de las diferentes alternativas para el tratamiento secundario se han considerado los aspectos: espacio requerido mano de obra equipo y costos de construcción.

- Área requerida
- Simplicidad de construcción
 - Movimiento de tierra
 - Obra civil
 - Equipo a utilizar
- Mantenimiento y explotación
 - Simplicidad de funcionamiento de la unidad
 - Necesidad de personal
 - Duración del control
- Costos de construcción
- Costos de explotación y mantenimiento
- Rendimiento
 - DBO
 - DQO
 - SS
- Impacto ambiental
 - Molestias de olores
 - Molestias de ruido

Molestias de insectos

Efectos en el suelo

METODO DE SELECCIÓN

Esta se hizo de acuerdo a puntos agenciando a cada característica planteada en los criterios los valores son de tipo comparativos por ejemplo Muy Simple, Poco Frecuente, Mucho Poco, etc. a los cuales se le asignaron valores de 1a10, siendo el valor 10 al que presente mayores ventajas.

Tecnología de tratamiento	Requerimiento de terreno	Simplicidad de construcción	Operación y mantenimiento	Costos de Operación y mantenimiento	Rendimientos	Estabilidad	Impacto ambiental	Producción de fango	Total
Lecho percolador	9	8	8	5	4	8	7	10	59
Serie de Lagunas	3	10	9	9	10	7	6	9	63
Filtro percolador	10	8	8	8	5	7	7	8	61
RAFA	10	8	9	8	9	8	8	10	70
FAFA	8	8	8	8	5	8	8	8	61

3.7 CONCLUSIONES SOBRE LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS

- 1- Según los resultados del cuadro de evaluación todos los sistemas presentan convenientes ventajas que podrían tomarse en cuenta para la implementar el tratamiento El parámetro clave es la eficiencia en a remoción debido a la calidad del agua miel analizada, ya que posee elevado contenido de DBO_5
- 2- En el capítulo II se describieron dispositivos como tanque imhoff, fosas sépticas, sedimentadores de flujo horizontal, que forman parte del tratamiento primario aunque su construcción y mantenimiento son de bajo costo su limitación radica en la eficiencia que proporcionan para este tipo de aguas no es la requerida. Se optó por el sedimentador tipo Dortmund
- 3- Se seleccionó el tratamiento biológico basándose en criterios, aunque cabe mencionar que cualquier tipo de combinación de lagunas era inútil no por su funcionamiento, sino por la demanda de área y por la topografía del terreno ya que para construirlas se necesita una inversión alta en obras de terracería.
- 4- Las lagunas resultan eficientes en cuanto a la remoción, pero necesita

de mayor requerimiento de área, además al encontrarse expuestas causan olores desagradables y proliferación de moscas.

- 5- El RAFA en cuanto a remoción es el más eficiente, además la simplicidad de construcción y mantenimiento hacen que sea la unidad más adecuada seguida de un sedimentador secundario tipo Dortmund que clarificara el efluente proveniente de RAFA
- 6- El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente es simple en su construcción. pero para lograr la eficiencia deseada necesita de altos tiempos de retención.
- 7- Los lechos percoladores resultan ineficientes debido a la alta concentración de la carga orgánica. Esto obligaría la construcción de varias etapas del filtro.

CAPITULO IV

DISEÑO SANITARIO

4.1 DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA

El diseño Sanitario del beneficio Santa Adelaida será:

PRETRATAMIENTO

Para el volumen de agua a tratar se propone lo siguiente:

Debaste (rejilla), desarenador y medidor Parshall que asegura una velocidad de circulación casi constante para cualquier caudal.

REJILLAS

Su función consiste en pasar el agua miel a través de las rejas reteniendo así los sólidos gruesos que afectan los otros procesos del tratamiento.

DESARENADOR

Este separara del agua que ingresa los sólidos orgánicos (mucilago), obligando a sedimentar aquellos que sean de mayor peso específico que el agua, logrando así reducir la acumulación de partículas pesadas en las tuberías.

MEDIDOR PARSHALL

Este se encargara de controlar la carga hidráulica o caudal que ingrese a la planta. Mediante este elemento puede medirse el caudal de entrada a la planta.

NEUTRALIZACION

Para la prevención de espumas, efecto causado por la acidez de los lodos, se corregirá mediante un tratamiento con cal. Esta operación se realizará en el canal Parshall.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Constara de un sedimentador tipo Dortmund el cual separa o eliminara la mayoría de los sólidos suspendidos, las velocidades reguladas y el tiempo de reposo logran el objetivo deseado.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Dentro de la variedad de elementos para el tratamiento secundario existen los que pueden llevarlo a cabo mediante la descomposición aerobio o anaerobia, esto depende de las condiciones del agua, para nuestro estudio el tratamiento secundario será por medio de descomposición anaerobio que es lo más conveniente. Se utilizará un RAFA, seguido de un sedimentador secundario tipo Dortmund.

REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Consiste este filtro en un tanque digestor que en su parte superior posee un sistema de sedimentación y un sistema deflector de gases

El agua residual ingresa uniformemente distribuida desde el fondo, en donde se forma un manto de lodos que contiene la población microbiológica encargada de la degradación de la materia orgánica. Durante el ascenso se produce la sedimentación y el lodo se encuentra estratificado, ubicándose el más denso en la parte inferior.

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Será ubicado después del filtro y se encargará de la remoción de flóculos, su diseño es similar al sedimentador primario.

TRATAMIENTO DE LODOS

Estos provienen de la eliminación del tratamiento primario y secundario junto con el agua que se separan de ellos.

DIGESTOR DE LODOS.

Al mantener los lodos dentro de un contenedor diseñado de forma tronco cónico, las bacterias anaeróbicas podrán estabilizarlos dentro de un periodo de tiempo para luego disponer satisfactoriamente.

LECHOS DE SECADO.

Los lodos se depositan en los patios de secado con el fin de que sean deshidratados. Estos finalmente podrán ser utilizados como fertilizantes.

DISPOSICION DEL EFLUENTE

Serán dispuestos en lagunamientos como los ya existentes con la diferencia que albergaran aguas que contendrán elementos pocos nocivos para el medio.

4.2 DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA

DISEÑO DEL DESARENADOR

CAMARA DE REJAS

Criterio de diseño

Inclinación de rejás	: 60°
Ancho de pletina	: 1"
Espesor de pletina	: $t = \frac{1}{4}$ "
Separación libre entre barras	: $a = 1$ "
Velocidad a través de rejás limpiás	: $V = 0.3$ m/s
Velocidad a través de rejás obstruidas	: $V = 0.6$ m/s

Cálculo

$$Q = 0.98 \text{ lt/s} = 0.0010 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{Área efectiva } (A_u) = \frac{\text{Caudal}}{\text{Velocidad de rejillas limpias}}$$

$$A_u = 0.0033 \text{ m}^2$$

$$\text{Eficiencia } (E) = \frac{a}{a+t}$$

$$E = 0.8$$

$$\text{Área del caudal a nivel del agua } (S) = A_u / E = 0.0042 \text{ m}^2$$

Adoptando tirante = 0.03 mt.

Ancho de canal para rejillas (B) = S/ tirante

$$B = 0.14 \text{ mts.}$$

DISEÑO DE CAMARA DESARENADORA

Se diseñarán dos cámaras desarenadoras en paralelo, de sección parabólica.

DATOS

Caudal máximo : 0.0020 m³ /seg.

Caudal medio : 0.0010 m³ / seg.

Caudal mínimo : 0.00033 m³ / seg.

Su relación hidráulica es:

Adoptando ancho de canal (T) = 0.3 mts.

$$Q = 2/3 HTV$$

$$H = 0.03 \text{ mts.}$$

Ancho de la sección de control

$$V_c^2 / 2g = 1/3.1 (H + V^2 / 2g)$$

$$V_c^2 / 2g = 0.011$$

$$d_c = 0.022$$

$$V_c = 0.21 \text{ m/s}$$

$$a = Q/V_c$$

$$a = 0.010 \text{ mts.}$$

$$W = a/d_c$$

$$W = 0.45 \text{ mt}$$

Para Q_{medio} : $a=0.0036$, $d_c = a / w$ 0.008, $H=0.20$

Para Q_{min} no se considerarán los valores por ser muy pequeños

CAUDAL	T	H
Q_{max}	0.30	0.03
Q_{med}	0.03	0.20
Q_{min}	--	--

LONGITUD DEL DESARENADOR

$$t = H_{\text{med}} / 1.12 \text{ mt / min.} = 018 \text{ min.} = 11 \text{ seg.}$$

$$L = t \cdot V = 11 \text{ seg.} \cdot 0.3 \text{ m / s} = 3.30 \text{ mts}$$

Usaremos $L = 3$ metros.

DISEÑO DE CANALETA PARSHALL

Usaremos una canaleta Parshall de $w = 7.62$ cm. la que permitirá la medición de caudales desde 0.9 hasta 53.8 lt / seg. Las dimensiones correspondientes se muestran en la tabla 2-10.

DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO TIPO "DOORMUNT"

Datos:

$$Q = 3.54 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

Criterio de velocidades

$$V_1 = 6.0 \text{ m/h}$$

$$V_2 = 4.0 \text{ m/h}$$

$$V_3 = 1.0 \text{ m/h}$$

- Tiempo de retención $T = 2$ horas

$$A_1 = Q / V_1 = 0.59 \text{ m}^2$$

$$A_3 = Q / V_3 = 3.54 \text{ m}^2$$

$$A_T = A_1 + A_3 = 4.13 \text{ m}^2 \text{ (área total de superficie libre)}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 2.3 \text{ mts} \quad R = 1.15 \text{ mts.}$$

- Volumen para $T = 2$ horas

$$V = Q/T$$

$$V = 7.08 \text{ m}^3$$

$$- V = \pi \frac{r^2 h}{3}$$

H = 5.10 mts.

- Revisar ángulo de inclinación de paredes (rango recomendado $\alpha = 45^\circ - 65^\circ$)

$\alpha = \text{Tg}^{-1} (5.10 / 1.15) = 77.3^\circ$ no cumple.

Consideraremos $r = 2.0$ mt; $h = 1.70$

Obtenemos inclinación de paredes de 50°

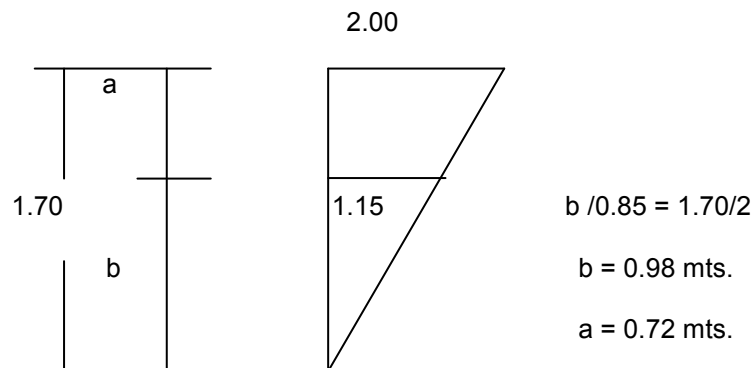
- profundidad de pantalla

$$A_2 = 0.88 \text{ m}^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 = 1.47 \text{ m}^2 \text{ (área de sección de cono en salida de pantalla)}$$

$$- A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$D = 1.40$ mts. ; utilizaremos $D = 1.70$, $r = \mathbf{0.85}$ mts.



Nota: utilizar una pantalla de sección cuadrada de 2.00 mts. De lado y debería instalarse concéntrica con el eje del cono.

DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO TIPO “DOORMUNT”

Opción 2

Datos:

$$Q = 3.54 \text{ M}^3 / \text{hora}$$

Criterios de velocidades

$$V_1 = 6.0 \text{ m/h} * 0.8 = 4.8 \text{ m/h}$$

$$V_2 = 4.0 \text{ m/h} * 0.8 = 3.2 \text{ m/h}$$

$$V^3 = 1.0 \text{ m/h} * 0.8 = 0.8 \text{ m/h}$$

Tiempo de retención $T = 2.5$ horas

$$A_1 = Q/V_1 = 0.74 \text{ m}^2$$

$$A_2 = Q/V_2 = 1.10 \text{ m}^2$$

$$A_3 = Q/V_3 = 4.42 \text{ m}^2$$

$$A_T = A_1 + A_3 = 5.16 \text{ m}^2 \text{ (área total de superficie libre)}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 2.56 \text{ mts. , usar } D = 2.60 \text{ mts}$$

$$r = 1.30 \text{ mts}$$

Volumen para $T = 2.5$ horas

$$V = Q / T$$

$$V = 8.85 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$h = 4.86$ mts.

- Revisar ángulo de inclinación de paredes (rango recomendado $\alpha = 45^\circ - 65^\circ$)

$$\alpha = \text{Tg}^{-1}(4.86 / 1.30) = 75^\circ \text{ No cumple}$$

Utilizando $r = 2.20$ mt, obtenemos $h = 1.80$, ángulo de inclinación $= 50.7^\circ$

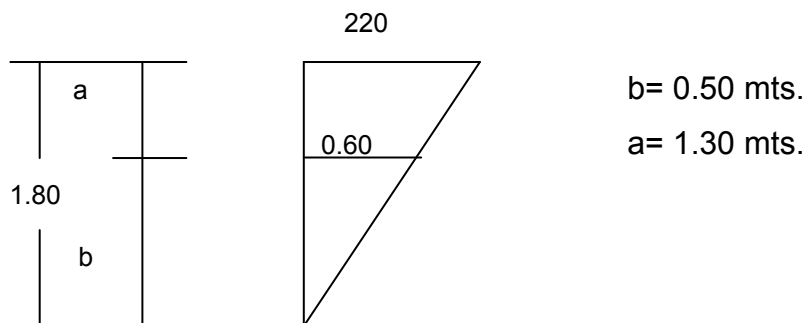
- Profundidad de pantalla

$$A_2 = 5.31 \text{ m}^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 = 8.00 \text{ m}^2 \text{ (área de sección de cono en salida de pantalla)}$$

$$- A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 3.20 \text{ mts.} \quad r = 1.60 \text{ mts.}$$



Nota: utilizar una pantalla de sección cuadrada de 2.10 mts. de lado y deberá instalarse concéntrica con el eje del cono.

El diseño del RAFA, ya fue analizado en el capítulo anterior.

DISEÑO DEL DIGESTOR DE LODOS

Población equivalente: 10719 hab x 50%

Carga de diseño: carga per cápita: 20 lt / hab

Volumen del digestor: 5360 hab x 20 lt /hab 1513.2 m³

Asumiendo

$$h_1 = 3.0 \text{ mts}$$

$$h_2 = 2.0 \text{ mts}$$

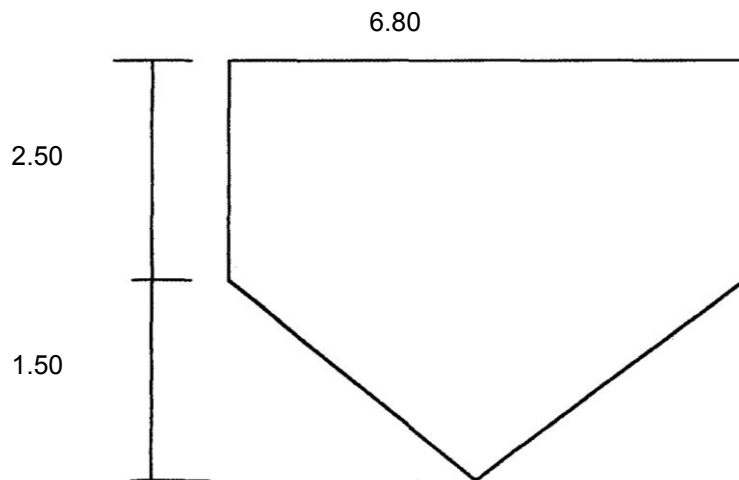
$$V = (1/3 \pi r^2 h_2) + (\pi r^2 h_1)$$

$$107.2 = (1/3 \pi r^2 * 1.5) + (\pi r^2 * 2.50)$$

$$107.2 = 9.42 r^2$$

$$11.37 = r^2$$

$$r = 3.40 \text{ mts}$$



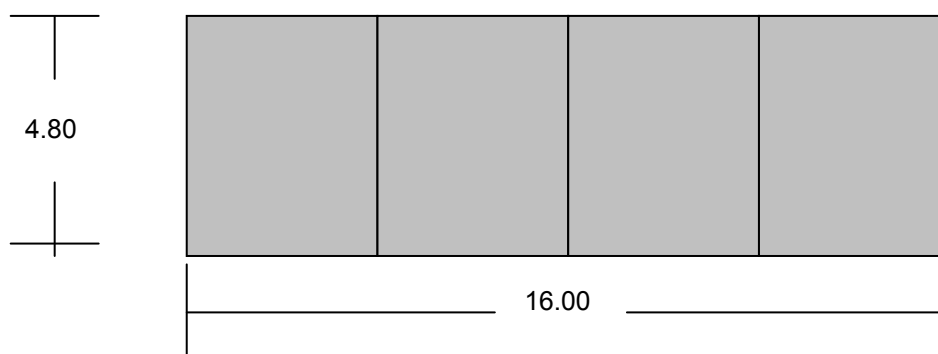
DISEÑO DE LECHOS DE SECADO

Requerimiento de área: $0.0143 \text{ m}^2 / \text{hab}$

Población equivalente: 5360 hab

Área necesaria $= 0.0143 \text{ m}^2 / \text{hab} \times \text{pob. Equivalente}$
 $= 0.0143 \text{ m}^2 / \text{hab} \times 5360 \text{ hab}$
 $= 76.70 \text{ m}^2$

Se construirán 4 cámaras de lechos de secado de 4.0 mt x 4.80 mt cada una



DISEÑO DE LAGUNAS COMO DISPOSICION FINAL

Evapotranspiración = $1723 \text{ mm} / \text{año}$

Evapotranspiración por $\text{m}^2 = 1.723 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2 = 1.723 \text{ m}^3 / \text{año}$
 $= 0.00472 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$

Infiltración = $233 \text{ mm} / \text{año} = 0.00064 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$

Total de agua infiltrada y evaporada = $0.0054 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$

Volumen total de agua de la temporada = 9625 m^3

Si consideramos profundidad de lagunas de 1.25 mt

Área de lagunas = 7700 m^2

Consideraremos 10 lagunas

Área de cada laguna = 770 m^2

Considerando $L / a = 2$, las dimensiones serán

$a = 19.60 \text{ mt.}$ $b = 39.20 \text{ mt}$

Al considerar la inclinación de las paredes

$a = 23.10 \text{ mt}$ $b = 42.70 \text{ mt}$

Área de cada laguna = 986.37 m^2

Área total de lagunas = 9863.70 m^2

En un día se perderá por evaporación e infiltración 53.30 m^3

Se necesitarán 180 días para que las lagunas estén secas nuevamente.

Las lagunas deberán proveerse de compuertas de tal manera que el agua al ingresar ocupe gradualmente la totalidad del área de las 10 lagunas. No debe permitirse que se llene una antes que las otras

4.3 GUIA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

GUIA DE PERIODICIDAD DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (DESARENADOR)

DIARIAMENTE	- Los desarenadores deben ser limpiados por lo menos una vez al día - El material sedimentado debe ser enterrado a un costado del desarenador o trasladarse en carretillas hasta los lechos de secado - Se debe mantener limpio el entorno del desarenador a fin de evitar malos olores y mal aspecto - Cuando este fuera de operación debe quedar limpio de sedimentos o aguas estancadas
UNA VEZ AL AÑO	- Debería revisarse las placas que trabajan como compuertas a fin de evitar que se oxiden o se deformen y pintar los posibles puntos de corrosión. - Revisar las rejillas y si se encuentran puntos de corrosión, lijar y pintar.

CORRECCIONES DE POSIBLES PROBLEMAS EN LA PLANTA

Ahogamiento de tubería de entrada	-Alto contenido de mucilago y cáscara retenidos. - Compuertas mal abiertas	- Revisar nivel de sedimentos en el canal. - Inspeccionar manualmente las compuertas	- Remover mucilago y cascarón - Levantar al máximo las compuertas del canal
Generación de malos olores	- Alta retención de mucilago	- Revisar el nivel del mucilago	- Remover mucilago, enterrarlo o llevarlo a lechos de secado.
Los canales se encuentran permanentemente ahogados	- Compuertas no sellan correctamente	- Inspeccionar visualmente por un periodo corto de tiempo desviado el agua cruda o bien no permitiendo el paso de agua por los desarenadores.	- Reparar sello hidráulico de compuertas
No drena el canal a pesar de estar abierta la válvula de drenado	- Válvula se encuentra obstruida - Paso de agua por la compuerta de entrada	- Abrir válvula y observar si fluye agua. - Al abrir válvula de drenaje no deja salir agua	- Con agua a presión o bien con una varilla destapar válvula - Checar compuerta y asegurarse de que queda sellada

GUIA DE PERIODICIDAD DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (CANALETA PARSHALL)

DIARIAMENTE	- Hacer dos mediciones de caudal instantáneo temprano por la mañana y por la tarde. - Revisar que no existan taponamientos en el canal
SEMANALMENTE	- Limpiar paredes en el canal en el canal ventura y en el piso
ANUALMENTE	- Deberá revisarse la escala colocada para medir tirante de agua y en su caso sustituirse si se encuentra dañada y despintada. - En caso de observar daños en la pared o garganta del canal deberá repararse con un acabado fino, pero sin modificar dimensiones.

GUIA PARA CORRECCION DE PROBLEMAS

INDICADORES	CAUSA PROBABLE	VERIFICACION O MONITOREO	SOLUCIÓN
Ahogamiento del canal, lectura fuera de escala	Obstrucción a la salida del canal	Nivel de tirante muy alto, fuera de lo normal	Remover obstrucción
Muy baja lectura del tirante de agua	Obstrucción o taponamiento de tubo de entrada o planta	Inspeccionar cajas de registro de drenaje	Remover taponamiento
La escala de lectura no se puede leer	Escala borrada por la oxidación		Reparar o pintar de nuevo

GUIA DE PERIODICIDAD DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (SEDIMENTADOR PRIMARIO)

DIARIAMENTE	- La evaluación de los lodos dos veces al día, por la mañana y por la tarde - Limpieza de la superficie del sedimentador de material flotante (cascarón) - El control de válvulas
SEMANALMENTE	- La limpieza con agua a presión de la caja distribuidora y de la caja de conexión a digestor de lodos
ANUALMENTE	- Vaciar el tanque y revisar la estructura de concreto - Localizar los puntos de corrosión de los vertedores, pintar con anticorrosivo si es necesario para evitar el deterioro del material

GUIA PARA CORRECCION DE PROBLEMAS (SEDIMENTADOR PRIMARIO)

INDICADORES	CAUSA PROBLEMA	VERIFICACION O MONITOREO	SOLUCIÓN
Flotación de cáscara y mucilago	- Descomposición de lodos en el tanque - Línea de extracción de lodos tapada - Válvula descompuesta	- Purga exterior de lodos - Abrir válvula	- Realizar purgas de lodos más prolongada - Limpiar la línea - Reparar compuerta
Agua residual en el tanque de color negro y olor séptico	- Tubería de extracción de lodo dañada. - Purga de lodos insuficientes - Línea de extracción de lodo tapada	- Inspeccionar tubo de solución de lodos - Densidad de lodos - Purga exterior de lodos	- Reparar o cambiar según sea necesario - Incrementar purgas - Limpiar tuberías
Mala operación de la extracción de lodos	- Compuerta dañada - Acumulación excesiva de lodos	- Intentar apertura de compuerta - El fondo firme del tanque	- Reemplazar o reparar las partes dañadas. - Incrementar las purgas
Rebose de espuma	- Remoción de espuma inadecuada - Desechos rancia en los vertederos	- Los vertederos	- Remover con mas frecuencia las espumas - Limpiar vertederos
Dificultad para remover lodo de la tolva	- Excesiva acumulación de cáscaras - Tubería obstruida	- Revisar la operación de desarenadores	- Realizar limpieza de desarenador mas frecuentemente y efectuar mayor purgas al día - Abrir mas vueltas la válvula de purga o utilizar agua a presión para remover tapón
Lodo de purga muy diluido	- Caudal de entrada al sedimentador muy alto - Corto circuito en el tanque - Purga de lodos excesiva	- Canal de salida del tanque ahogado - Fluye lodo hacia la salida del tanque - Se deja salir mucha agua al purgar	- Revisar el motivo de exceso de caudal si es posible regular. - Limpiar rejilla más frecuentemente o reparar desperfecto. - Reducir el numero de purgas
Corto circuito de flujo en el tanque	- Mala nivelación de los vertedores	- Postura del vertedor o tirante	- Nivelar vertedor
Acumulación de flotantes en superficies de decantador	- Rejilla mal operada o dañada	- Rejilla	- Limpiar rejilla mas frecuentemente o reparar desperfecto
Excesiva sedimentación en canal de salida	- Baja velocidad	- Velocidad	- Limpiar con agua a presión

GUIA DE PERIODICIDAD DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (SEDIMENTADOR SECUNDARIO)

DIARIAMENTE	- La evacuación de los lodos dos veces al día - El control de las compuertas - Limpieza del canal perimetral de descarga y vertederos
SEMANALMENTE	- La limpieza con agua a presión de la caja de salida del sedimentador
ANUALMENTE	- Vaciar el tanque y revisar la estructura de concreto - Localizar los puntos de corrosión de los vertedores, pintar con anticorrosivo si es necesario para evitar el deterioro del material

GUIA PARA CORRECCION DE PROBLEMAS

INDICADORES	CAUSA PROBLABLE	VERIFICACION O MONITOREO	SOLUCIÓN
Flotación de lodo	- Abultamiento de lodo por microorganismos - Flotación de lodo por des nitrificación - Purgas de lodo muy bajas	- Examinar los lodos para determinar presencia de organismos filamentosos - Alta concentración de nitratos en el efluente de RAFA o FAFA - Lodo de purga muy espeso	- Encharcamiento en la FAFA o RAFA y consiguiente oxigenación - Incrementar las purgas del sedimentador
Pequeños floculos en el rebose del tanque	- Excesiva turbulencia - Elevado tiempo de retención de lodos - Corto circuito	- Lodo espeso en purga - Examinar al microscopio actividad bacteriana	- Revisar origen del alto caudal de entrada - Aumentar purgas - Nivelar vertedores
Mala operación de la extracción de lodos	- Compuerta dañada - Excesiva acumulación de lodos	- Intentar apertura de compuerta - El fondo firme del tanque	- Reemplazar o reparar las partes dañadas. - Incrementar las purgas
Rebose de espuma	- Remoción de espuma inadecuada - espuma rancia en los vertederos	- Los vertederos	- Remover las espumas mas frecuentemente - Limpiar vertederos
Lodo de purga muy diluido	- Canal de entrada al sedimentador muy alto - Corto circuito en el tanque - Purga de lodos excesiva	- Canal de salida del tanque ahogado - Fluye lodo hacia la salida del tanque - Se deja salir mucha agua de purgar	- Revisar motivo del exceso del caudal y regular - Niveles vertedores - Reducir número de purgas de purga
Corto circuito de flujo en el tanque	- Mala nivelación de los vertedores	- Postura del vertedor o tirante	- Nivelar vertedor
Defloculación en el sedimentar	- Agua residuales ácidas	- Excesiva turbidez en la descarga del sedimentador	- Remover la fuente de la acidez

**GUIA DE PERIODICIDAD DE ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO (DIGESTOR Y LECHO DE SECADO DE LODOS)**

EL DIGESTOR SE ENCUENTRA LLENO	- Preparar lechos de secado, abrir válvulas del lecho a poner en operación - Abrir válvula de succión de lodos en digestor y preferiblemente iniciar llenado de unidad de secado por la mañana - Inundar unidad de secado 30 cm. Sobre piso del lecho - En cuanto se alcance el nivel, cerrar válvulas de salida de lodos del digestor
PRIMERA SEMANA	
SEGUNDA SEMANA	- Unidad 1 esta en secado - Llenar unidad 2 de secado - Limpiar caja de salida de lodos del digestor con agua a presión
TERCERA SEMANA	- Unidad 1 esta seca, realizar extracción de lodo seco - Llenar Unidad 3 - Limpiar caja de salida de lodos del digestor con agua a presión
CUARTA SEMANA	- Llenar Unidad 1 de secado - Unidad 2 esta seca, realizar extracción de lodo seco - Limpiar caja de salida de lodos del digestor con agua a presión
DIARIAMENTE	- Revisar operación y mantenimiento del RAFA
SEMANALMENTE	- Con agua a presión romper la capa de lodo flotante en la superficie del digestor - Limpiar la pared interna del digestor del lodo seco - Limpiar posibles pedazos de lodo seco que estén regados alrededor de la FAFA - Revisar válvulas o compuertas de caja de entrada a lechos de secado
ANUALMENTE	- Pintar puente del digestor

CORRECCIONES DE POSIBLES PROBLEMAS EN LA PLANTA

OBSERVACIONES	CAUSA PROBLABLE	VERIFICACION O MONITOREO	SOLUCIÓN
No llegan lodos al digestor	- Taponamientos de las tuberías de conducción	- Revisar cajas	- Limpiar con agua a presión
Distribución no uniforme del lodo superficial del digestor	- Obstrucción de los canales de entrada al digestor - Compuertas de cajas desviadoras mal colocadas o descompuestas	- Observación del canal - Observación de las compuertas	- Limpieza del canal - Reparación de compuertas
Espesa capa de lodo flotante en la superficie del digestor y generación	- No se han limpiado frecuentemente la superficie con agua a presión		- Limpiar intensamente con agua a presión la superficie del digestor para romper la capa de lodo flotante
No fluye agua de la primera capa del sedimentador primario	- Taponamiento de tubería - Paso de agua por la compuerta de entrada		- Destapar tubería con agua a presión - Abrir válvula
Lecho de secado lleno y no seca los lodos después de un tiempo	- Tubería de drenado del lecho obstruida - Piso del lecho seco y no permite el drenado del lodo húmedo de la superficie	- La humedad del lodo es alta y no permite ser sacado con pala	- Destapar tubería con agua a presión - Con un rastrillo hacer canales a lo largo del lecho para permitir drenado del agua de la superficie
El lodo esparcido en el lecho genera malos olores	- El lodo del digestor fue extraído muy rápido y no estuvo el tiempo mínimo requerido (30 días) - Paso de agua por la compuerta de entrada	- La humedad del lodo es alta y no permite ser sacado con pala	- Esperar una semana más para ser removido - Esparcir cal sobre la superficie

4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Debido al preocupante grado de contaminación de las aguas; es importante proponer alternativas de solución para reducir en la medida de lo posible el alto grado de contaminación provocado por los desechos provenientes del beneficiado del café.
2. Existen vacíos legales que no permiten obligar a las agro-industrias a reducir la contaminación de las aguas. por lo que es urgente buscar soluciones e implementar rigurosos programas tendientes a la solución del problema.
3. El sistema de tratamiento actual del beneficio es ineficiente pues no logra en su proceso la disminución de la alta carga orgánica contenida en el agua miel ocasionando considerables daños al medio ambiente.
4. Concientizar a todas las personas involucradas en el manejo, producción y mantenimiento del beneficio sobre el alto grado de contaminación generado y buscar e implementar formas de reducir el deterioro ambiental ocasionado.
5. Complementar el diseño sanitario propuesto con un diseño estructural para poder implementarse al menor tiempo posible.
6. Buscar formas adecuadas para optimizar aún mas el recurso agua; de esta forma se generará menos cantidad de agua miel.

7. Al implementarse el sistema deberá también implementarse un mantenimiento adecuado a la planta si no se corre el riesgo que el tratamiento diseñado no proporcione los resultados esperados.
8. El tratamiento preliminar lo conformaran el tratamiento físico-químico. rejillas, desarenadores, neutralización a base de cal y canaleta Parshall.
9. La disposición final del afluente será en lagunamientos como lo hacen actualmente en el beneficio, a diferencia que el agua a depositar será previamente tratada. Las zanjas de oxidación ofrecen una solución efectiva pero la inversión en comparación con los lagunamientos es mucho mayor, la siguiente opción es la dilución, el inconveniente que existe es que el cuerpo receptor se encuentra a una distancia grande.
10. Para alcanzar el pH óptimo deberá dosificarse la cantidad de cal requerida, conociendo de antemano este valor a través de muestras de agua enviadas al laboratorio.
11. La estabilización de los Lodos será por medio de un Digestor de lodos.
12. La disposición de lodos será en patios de secado, ya que este método ofrece lo más económico. Los lodos ya deshidratados servirán como abono orgánico.
13. Con la implementación del sistema se lograría el 96.1% de eficiencia en la remoción de DBO_5 302.6 mg/lit antes de ingresar a su disposición final.

14. El agua al ingresar a las lagunas ya no presenta problemas grandes de contaminación pues su contenido de DBO_5 es bajo, sin embargo el tiempo que permanecerá en las lagunas eliminará casi en su totalidad el DBO_5 .
15. En el proceso de digestión del RAFA se obtiene gas de fermentación o gas metano el cual podría utilizarse como fuente de energía; si no deberá quemarse colocando un mechero en la boquilla de salida.
16. Para verificar el buen funcionamiento del sistema deben realizarse análisis periódicos al agua miel en todo el proceso de tratamiento.
17. Este sistema para poder ser implementado por otro beneficio deberá tomar en cuenta sus características particulares y las características fisicoquímicas propias de las aguas mieles que genera.

GLOSARIO

AGUAS MIELES - Aguas residuales provenientes del proceso de beneficiado de café. Esta agua contiene miel de café.

ALMACIGO. Es el lugar a donde pasan las plantitas de café del semillero para adquirir un desarrollo suficiente para resistir el transplante a su lugar definitivo en el cafetal.

ALCALINIDAD: Acción que neutraliza la acidez y firmeza del sabor de café. Es importante con respecto al agua usada en una planta de café mucha alcalinidad puede producir gusto cáustico

BENEFICIADO - Conjunto de operaciones necesarias para transformar el café uva y obtener el café oro

BACTERIAS: Las bacterias son organismos vivos, de tamaño microscópico que constan de una sola célula y su proceso vital así como sus funciones, son similares a los de los vegetales. Las bacterias requieren como todos los organismos vivos, alimento, oxígeno y agua. Solo pueden existir cuando el medio ambiente se los provee. Se clasifican en dos grupos principales bacterias parásitas y bacterias saprofitas.

BACTERIAS PARASITAS: Son las que viven normalmente a expensas de otro organismo vivo llamado huésped, porque necesitan recibir el alimento ya preparado para consumirlo

BACTERIAS SAPROFITAS: Son las que se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario, y produciendo a su vez sustancia de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas negras ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos. Tales procesos de descomposición no progresarían sin su actividad.

Todas las bacterias, parásitas o saprofitas, necesitan oxígeno para su respiración, además de alimento. Algunas de ellas solamente pueden usar el oxígeno disuelto y a veces también como oxígeno libre o molecular. Estos organismos se conocen como bacterias aerobias y el proceso de degradación de sólidos orgánicos que llevan a cabo se denomina descomposición aerobia, oxidación o degradación. Este tipo de descomposición se lleva a cabo en presencia del oxígeno disuelto, sin que se produzca olores ofensivos o condiciones desagradables.

Otros tipos de bacteria no pueden existir en presencia de oxígeno disuelto, sino que tienen que obtenerlo del contenido de oxígeno disuelto de los sólidos. A tales microorganismos se les conoce como bacterias anaerobias y al proceso de degradación de sólidos que llevan a cabo se conoce como descomposición anaerobia o putrefacción, es decir, es la descomposición en ausencia de oxígeno disuelto, que da origen a olores ofensivos y condiciones desagradables.

CAFÉ UVA - Es el fruto maduro del árbol de café

PULPA: Epicarpio del fruto del café, que se separa en las despulpadoras.

COMPOSICION BIOLOGICA DE LAS AGUAS NEGRAS: Las aguas negras contienen también incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto bajo microscopio. Son la parte viva de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras y su presencia es de suma importancia porque son uno de los motivos para el tratamiento de esta agua, y su éxito, incluyendo la degradación y descomposición depende de sus actividades.

Estos organismos microscópicos vivos pertenecen a dos grupos bacterias y otros organismos vivos más complejos.

FERMENTACION DEL CAFÉ: Proceso químico efectuado en tanques que permite que se desprendan del pergamino del café recién despulpado las sustancias mucilaginosas y gomosas

MUCILAGO - Es una sustancia viscosa que se encuentra en ciertos vegetales y tienen a propiedad de hincharse al entrar en contacto con el agua...

SÓLIDOS SEDIMENTABLES. Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un periodo determinado que generalmente es una hora. Generalmente el resultado se expresa en mililitros de sólidos por litro de aguas negras, pero también se da en partes por millón en peso. Están constituidos aproximadamente de un 75 por ciento de sólidos orgánicos y 25 por ciento de sólidos inorgánicos.

PPM: Partes por millón: la combinación de un determinado componente disuelto en las aguas.

SÓLIDOS COLIDALES SUSPENDIDOS: Se definen indirectamente como la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos sedimentables. Constituye la fracción de los sólidos suspendidos totales (cerca del 40 %) que no pueden eliminarse fácilmente recurriendo a tratamiento físico o mecánico. Su composición es orgánica en unas dos terceras partes, e inorgánicas en el resto: están sujetas a una rápida degradación y son un factor importante en el tratamiento y disposición de las aguas negras.

SÓLIDOS DISUELTOS: El termino sólidos disueltos, utilizado ordinariamente en los estudios de aguas negras no es técnicamente correcto. No todos estos sólidos están verdaderamente disueltos, ya que se incluyen algunos sólidos en estado coloidal. De los sólidos disueltos totales aproximadamente un 90% se encuentra verdaderamente disuelto y un 10% en estado coloidal. El total de sólidos disueltos esta compuesto aproximadamente por 40% de orgánicos y 60% de inorgánicos.

SÓLIDOS TOTALES: Como lo indica el mismos termino, bajo este nombre se distinguen todos los constituyentes de las aguas negras. Son la totalidad de sólidos orgánicos e inorgánicos, o la totalidad de sólidos suspendidos y disueltos, cerca de la mitad son orgánicos y la otra mitad inorgánicos y aproximadamente unas dos terceras partes están en solución y una tercera

parte en suspensión Es esa mitad orgánica de los sólidos sujeta a degradación a que constituye el problema principal del tratamiento de las aguas negras

GASES DISUELTOS: Las aguas negras contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los gases mas importantes esta el oxigeno, presente en el agua original del abastecimiento y disuelto también al ponerse en contacto con el aire, las aguas negras que fluyen. Este oxigeno, que familiarmente se conoce como **oxigeno disuelto**, es un componente sumamente importante de las aguas negras y además del oxigeno disuelto las aguas negras pueden contener otros gases, como el **bióxido de carbono**, que resulta de la descomposición de la materia orgánica el nitrógeno disuelto de la atmósfera; el ácido sulfúrico que se forma por la descomposición de los compuestos orgánicos y ciertos compuestos inorgánicos de azufre. Aunque estos gases están presentes en pequeñas cantidades, su función es importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos de las aguas negras

BIBLIOGRAFÍA

COLLADO LARA, R. *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Universidad de Cantabria, departamento de ciencias y técnicas del agua y del medio ambiente. Santander España. Editor ETS. Ingenieros de caminos y puertos. Servicio de publicaciones, 1991

HILLEBOE, Herman. *Manual de tratamiento de aguas negras*. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional. México, Editorial Limusa, 1971.

WINKLER, Michael A. *Tratamiento biológico de aguas de deshecho*. Departamento de ingeniería química, Universidad de Surrey; México, Editorial Limusa, 1986

AZEVEDO, Netto. *Manual de hidráulica*. Sexta edición. España. Editorial Harla, 1996.

METCALFF, L. *Tratamiento y depuración de aguas residuales*. Harnson P. Eddy. Segunda edición. Barcelona, España. Editorial Labor, 1977.

MASKEW, Gordon. *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales y purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, Vol.II*, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional A. I. D. en México y Buenos Aires, Argentina 1971

QUINTANILLA, Roberto. *Informe final para el proyecto investigación para la optimización del recurso agua en los beneficios de café*. Informe inédito para Organización Panamericana de la Salud de El Salvador, San Salvador marzo de 1996.

AVELAR, Roberto. *Recopilación de ciclo de conferencias sobre procesos de tratamiento biológico*. Facultad de ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos, Guatemala, Guatemala 20 de mayo de 1996.

AREVALO. M.F. *Bases para el tratamiento biológico anaeróbico de aguas mieles producidas por el proceso húmedo del beneficiado del café*. Tesis para optar al título de Ing. Químico. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 1984.

SALAZAR, Raúl. *Optimización del consumo de agua en el beneficiado de café*. Tesis para optar al título de Ing. Civil. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 1984.

GOCHEZ, Joaquín. *Contaminación de las aguas por las aguas mieles del café*. Tesis para optar al título de Ing. Químico industrial. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador, El Salvador, mayo 1974.