

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



APROVECHAMIENTO AGRICOLA DE EGUAS
INDUSTRIALES

T E S I S

Que Para Obtener el Título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a

JORGE GALLINA ALVAREZ

México, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1978
M.T. ~~178~~ 172
FECHA _____
PROG. _____
3 _____



Jurado asignado
originalmente
según el tema.

PRESIDENTE: OSCAR AMOR DODERO.
VOCAL: MA. DEL CONSUELO HIDALGO MONDRAGON.
SECRETARIO: EHELIVINA MEDRANO DE JAIMES.
1er. SUPLENTE: HECTOR JARA FARJEAT.
2do. SUPLENTE: NOEMI MONRROY DE AMOR.

Sitio donde se desarrolló el tema:

Empresa para el Control de la Contaminación de las Aguas de la
Zona de C.I.V.A.C., Cuernavaca, Mor.

Sustentante:


JORGE GALLINA ALVAREZ.

Asesor del tema:


Q.F.B. MA. DEL CONSUELO HIDALGO MONDRAGON.

A MIS PADRES .

A MIS HERMANOS .

A M A R I A T E R E S A .

A MIS PROFESORES, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

Con estimación

A OSCAR.

**A LA PROFA. Ma. DEL CONSUELO HIDALGO M.
POR SU DIRECCION EN LA ELABORACION
DE ESTE TRABAJO.**

**CON AGRADECIMIENTO A TODO EL PERSONAL
DE LA EMPRESA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DE
LAS AGUAS DE LA ZONA DE C.I.V.A.C. POR SU
APOYO Y AYUDA EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

I N D I C E .

	Pág. No.
INTRODUCCION. -----	1
ANTECEDENTES. -----	4
SISTEMA DE TRATAMIENTO. -----	8
Tratamiento preliminar. -----	8
Tratamiento primario. -----	13
Tratamiento secundario. -----	19
Cloración de las aguas negras. -----	33
Digestión aeróbica. -----	37
Lechos de secado. -----	43
Tratamiento y disposición final de -----	45
los lodos residuales.	
CONTROLES AL SISTEMA DE TRATAMIENTO. -----	69
BACTERIOLOGIA. -----	98
CONSIDERACIONES GENERALES. -----	113
BIBLIOGRAFIA. -----	115

I N T R O D U C C I O N .

En el globo terráqueo el gran depósito de agua es el océano. El calor del sol la evapora y forma nubes, las cuales empujadas por los vientos, pueden llegar a la tierra, donde se enfría lo suficiente para que el líquido se precipite como lluvia o nieve. Parte del agua precipitada se infiltra en el suelo; otra fluye por la superficie formando arroyos, y vuelve al mar. El agua del suelo vuelve a la superficie al nivel de las fuentes o mediante el uso de bombas. Inevitablemente el agua termina volviendo al mar, pero puede incorporarse a los cuerpos de varios organismos en sucesión, en su camino hacia el océano. Así, el agua forma la porción líquida de la sangre y de la linfa, es el medio donde se disuelven todos los elementos sólidos en el cuerpo, donde se producen las reacciones químicas necesarias para el metabolismo celular, por medio del agua es posible la distribución y regulación del calor orgánico, a la vez que enfría el cuerpo con el sudor. Así como el agua es vital para el ser humano, lo es para todo organismo viviente ya sea animal o vegetal. De allí la importancia tan grande que en la actualidad tiene la prevención de la contaminación del agua, que con la cada día mayor industrialización y explosión demográfica, va en aumento; es también importante la recuperación de aguas residuales para hacer posible su tratamiento y reuso.

Por contaminación del agua se debe entender la presencia de toda sustancia que altere su calidad e impida su uso, sea para fines industriales, agrícola, recreativos o domésticos. Cuando esta contaminación rebasa el límite máximo tolerable de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor, se provocarán alteraciones físicas, químicas y bio

lógicas en el sistema ecológico.

El problema del tratamiento de las aguas residuales se resume básicamente en los siguientes puntos: a) Determinación del grado de tratamiento, b) Selección del método de tratamiento más económico y adecuado.

El tratamiento de las aguas es una eliminación de sustancias extrañas a la naturaleza de ésta, dentro de ciertos límites, para que la capacidad del cuerpo receptor las admita sin que dé lugar a condiciones que puedan poner en peligro la salud del hombre. El material impurificador puede ser de origen: 1) Inorgánico, 2) Orgánico (animal o vegetal) - 3) Bacterias en suspensión y disueltas en el agua. Otros factores contaminantes de las aguas son: Materiales flotantes, sedimentación de sólidos formando bancos de lodos y residuos industriales.

Cuando las descargas contaminantes llevan desperdicios en cantidades tales que demanden una gran cantidad de oxígeno para su transformación (conversión de las sustancias dañinas en inócuas, por medio de la actividad biológica), se establece una relación entre el oxígeno disuelto presente en el agua y la demanda de oxígeno requerida por parte de los microorganismos para poder llevar a cabo esta estabilización. En un principio el oxígeno disuelto disminuye bajo el efecto primario de la desoxigenación. La caída del oxígeno disuelto induce la reaeración y después de un cierto tiempo el oxígeno disuelto alcanza un mínimo -- recuperándose de ahí en adelante, hasta alcanzar un punto de equilibrio.

El tratamiento biológico de las aguas residuales se inicia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Gran Bretaña, como una práctica agrícola. Luego, en Inglaterra, se continuó con filtros de arena, hasta -- llegar a las unidades biológicas convencionales.

En el presente trabajo se explica el sistema de tratamiento biológico (convencional de lodos activados) al que serán sometidas las aguas residuales provenientes de las zonas de la Ciudad Industrial del Valle

de Cuernavaca, sus lugares aledaños, y las poblaciones de Tlalhuapan - y Tejalpa del municipio de Jiutepec, Morelos, los controles a los que se someterá el efluente de la planta de tratamiento con objeto de arrojar aguas de calidad agrícola para hacer posible su reuso por parte de los campesinos de esa zona, las principales características de los microorganismos más comunmente encontrados en las aguas residuales y los distintos procesos a los que pueden ser sometidos los lodos residuales provenientes de esas aguas para su más adecuada disposición final.

El interés despertado por el presente trabajo se debe a que esta planta de tratamiento biológico de aguas residuales es la primera de una futura serie en toda la República Mexicana que la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos impulsa en combinación con los gobiernos de los Estados, con objeto de combatir y abolir la contaminación de las aguas de la zona, ya que en la actualidad alcanza niveles que perjudican la agricultura, así como las condiciones sanitarias de las comunidades.

Así, al mismo tiempo que se plasma el posible tratamiento de aguas que el gobierno adoptará para hacerlo único en las demás plantas de tratamiento en la República Mexicana, se explica el porqué un Químico Farmacéutico Biólogo está capacitado para hacer un estudio de esta clase.

Si se tiene presente que el objeto del tratamiento es obtener, por medio de la aplicación de conocimientos tanto físicos como químicos, un producto biológico de una calidad determinada, la formación de un Químico Farmacéutico Biólogo abarca los aspectos fundamentales para lograr esta transformación; y está capacitado para poder determinar las condiciones óptimas para el buen funcionamiento del sistema de tratamiento.

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

En los últimos años han habido quejas a causa de la contaminación en esta zona que ha provocado una proliferación de plagas y una disminución del rendimiento agrícola de las parcelas a causa de la salida de agua a través de barrancas adyacentes a éstas y a fraccionamientos urbanos. Ante la inconformidad de los ejidatarios las autoridades de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ordenaron a las industrias de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca cumplieran con los requisitos sanitarios debidos.

C.I.V.A.C. es un fraccionamiento industrial localizado al oriente de Cuernavaca, Morelos, auspiciado en forma tripartita por el Gobierno Estatal, el Gobierno Federal y la iniciativa privada. Su construcción se planteó en tres etapas, la primera actualmente urbanizada y operando, cuenta con una superficie de 400 Ha. de las cuáles, el 50% están destinadas a la industria, y el resto para zonas habitacionales y comerciales; la segunda etapa (1980) cubrirá también 400 Ha. y una tercera etapa a largo plazo, de 1,500 Ha.

La zona actualmente urbanizada, incluye aproximadamente 30 industrias en operación y 60 que únicamente han adquirido terreno. El sistema de drenaje dentro de C.I.V.A.C., es de tipo combinado (aguas residuales domésticas, desechos industriales y escurrimientos pluviales) con descarga a colectores que posteriormente por escurrimiento superficial, se canalizan a las barrancas de los alrededores y aguas abajo, son aprovechadas en riego agrícola. Las barrancas de Puente Blanco y Gachupina son los cuerpos receptores de C.I.V.A.C. y las barrancas Rivetex Rastro Municipal y Puente Blanco, corresponden a los receptores de los

desechos industriales generados en las zonas aledañas. Las aguas residuales son aprovechadas aguas abajo y en zonas aledañas para el riego de productos agrícolas como son: maíz, frijol, algodón, caña, arroz, - gitomate y plantas de ornato en épocas de estiaje; en épocas de lluvia continúan a través del río Apatlaco hasta el río Amacuzac.

El anteproyecto total se presentó a las autoridades de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a la Comisión Consultiva del Alto Amacuzac y a los industriales y autoridades municipales de C.I.V.A.C. con objeto de promover en conjunto, una solución al problema de contaminación de la zona con un sistema integral de colección y tratamiento denominado Distrito de Control de la Contaminación del Agua en la zona de C.I.V.A.C. Este Distrito, es un concepto nuevo en nuestro medio --- pero que en los casos en que ha sido empleado en otras partes del mundo ha probado ser la manera más económica y técnicamente más manejable de resolver en forma comunitaria los problemas comunes a regiones donde conviven centros industriales y otras actividades humanas que demandan cantidades considerables de agua y los recursos hidráulicos son limitados. El desarrollo exitoso del Distrito de Control de la Contaminación del Agua en la zona de C.I.V.A.C. reviste especial importancia por ser el primero en su tipo en nuestro país, y las experiencias que de aquí se obtengan serán de una gran aplicabilidad en otras muchas zonas del país. El sistema de tratamiento adoptado corresponde a un tratamiento biológico, por las siguientes razones: 1) Las aguas residuales de las industrias actualmente en funcionamiento, son degradables. Y 2) El desarrollo industrial futuro esperado en la zona es de tipo semejante -- al actual de acuerdo a la aceptación de C.I.V.A.C. Por consiguiente, -- se requiere un sistema lo suficientemente experimentado como lo es el proceso biológico convencional de lodos activados.

Las industrias actualmente en operación en C.I.V.A.C., abarcan toda -- una gama de fases de productos elaborados, entre los cuáles pueden enlistarse: Productos químicos, plásticos, farmacéuticos, textiles, equipo electromecánico, muebles de madera, productos automotrices, electrónicos, gasolineras, cerámicas, cementos, productos de celulosa, cerillos, cal, etc. En resumen, los caudales generados en el distrito una vez iniciada la operación de la planta de tratamiento, serán los siguientes: gasto mínimo: 141 litros/sg ; gasto medio: 249 litros/ sg ; gasto máximo: 570 litros/sg. Las aguas residuales tratadas deberán -- cumplir con el reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas publicado en el Diario Oficial el 29 de marzo de 1973 -- para uso agrícola (clasificación D III), y los municipios e industrias deberán cumplir con los 5 parámetros del mismo reglamento, que son: -- pH (4.5 a 10), Grasas y Aceites (70 mg/l), Materia flotante (ninguna en malla 3 mm), Temperatura (30°), y Sólidos sedimentables (1 ml/l).

Los posibles usos del agua tratada que se han establecido por orden -- de prioridad, requerimientos, aspectos legales y económicos, es en primer lugar, reutilización en la agricultura, y en segundo, reutilización en la industria por las siguientes razones: 1) Su distribución es por gravedad a través de canales de tierra o surcos en sembradíos; la población rural es de mínimos ingresos y los beneficios económicos surgen de la agricultura; algunas áreas de riego tienen a la fecha, concesionadas las aguas residuales y resultará económico entregar el agua tratada por gravedad en los límites de la planta de tratamiento. 2) -- las aguas residuales generadas actualmente no se utilizan en la industria por tener capacidad actual de explosión, los pozos de C.I.V.A.C. y los particulares; los caudales y niveles de bombeo en los pozos son

económicamente explotables a la fecha; el potencial económico de la -- industria es mucho mayor que el de los agricultores (de aquí su orden de prioridad); de reutilizar la industria las aguas residuales tratadas es de requerirse su retorno a líneas de aproximadamente 6 a 8 km de - longitud y por consiguiente los costos de bombeo son elevados a fin de tener las presiones adecuadas en las instalaciones industriales; y --- algunas industrias requieren agua de mejor calidad y necesitarían rea_ lizar tratamientos particulares que elevarían considerablemente el cog_ to unitario del agua, que lógicamente sería mayor que el obtenido con la explotación de los pozos.

S I S T E M A D E T R A T A M I E N T O .

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La disposición de las aguas negras, ya sea por irrigación, por el método subsuperficial o por el de dilución, depende del tratamiento previo a su disposición. El propósito del tratamiento de las aguas negras previo a su disposición por dilución, consiste en separar de ellas la cantidad de sólidos necesaria para que al ser descargadas a las aguas receptoras, no interfirieran con el mejor o más adecuado empleo de éstas. Los sólidos que se separan en su mayoría son de origen orgánico, pero también se incluyen los inorgánicos. A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas negras, todos pueden incluirse dentro de los siguientes 5 procesos: 1) Tratamiento preliminar 2) Tratamiento primario, 3) Tratamiento secundario, 4) Cloración y 5) Tratamiento y disposición de los lodos residuales.

TRATAMIENTO PRELIMINAR: El objetivo del tratamiento preliminar es el separar de las aguas negras aquellos constituyentes que pudieran obstruir o dañar el equipo de la planta, o interferir con los procesos -- subsecuentes. Por lo tanto, los dispositivos para un tratamiento preliminar se diseñan para: Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o se encuentran suspendidos; para separar los sólidos inorgánicos pesados (arena, grava, metales); y separar cantidades excesivas de aceites y grasas. Para lograr ésto, se emplea equipo muy variado: Rejas y cribas de barras. Están formadas por barras separadas de 2 a 15 cm; generalmente tienen claros de 2.5 a 5 cm, y --- deben instalarse en un ángulo de 45 a 60° con la vertical. Pueden limpiarse manualmente o con rastrillos automáticos. La materia así sepa__

rada puede enterrarse, incinerarse o reducirse de tamaño mediante ---- trituradoras o desmenzadoras, con objeto de reincorporarlas a las --- aguas negras ya con un tamaño tal, que no representen peligro de obs__ truir las bombas o tuberías o los sistemas de tratamiento posteriores.

Desarenadores. La materia inorgánica conocida con el nombre de "arena" puede dañar las bombas por abrasión y causar serias dificultades en -- los tanques de sedimentación y digestión, al acumularse a las salidas causando obstrucciones. Las cámaras desarenadoras se localizan antes - de las bombas o de los desmenzadores, y precedidas de cribas de barras y rastrillos gruesos. Los desarenadores son grandes canales en donde - la velocidad de flujo disminuye, pudiendose sedimentar los sólidos --- inorgánicos pesados, quedando la materia orgánica en suspensión. Las - arenas cuando no son regresadas a las aguas negras son lavadas con ob_ jeto de librarlas de materia orgánica que pueda causar malos olores -- por descomposición, regresandose a las aguas negras. Tanques de pre -- aereación. Una aereación antes del tratamiento primario puede tener -- por objetivo: 1) Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos en los tanques de sedimentación. 2) Ayudar a la eliminación de grasas y aceites, 3) Refrescar las aguas sépticas antes de someterlas al tra_ tamiento. y 4) Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno. (D.B.O.)

Esto se logra introduciendo aire en las aguas negras en un periodo de 20 a 30 minutos a velocidad determinada o bien, suministrando una ae__ reación mecánica. La agitación de las aguas negras en presencia de aire tiende a aglomerar o flocular los sólidos suspendidos más ligeros, for_ mando partículas de más fácil sedimentación. También favorece la sepa_ ración de las grasas y aceites llevandolos a la superficie.

Disposición de las aguas negras: Existen 3 metodos para llevar a cabo

la disposición final de las aguas negras: 1) Irrigación. Consiste en derramar las aguas negras sobre la superficie del terreno, lo cuál se hace generalmente mediante zanjas de regadío. Este método sólo es aplicable a pequeños volúmenes provenientes de poblaciones pequeñas en las que se dispone de la superficie necesaria. Su mejor aplicación es en zonas áridas o semiáridas en las que la humedad proporcionada es de gran valor para la tierra. Este método no se recomienda para campos donde se cultivan alimentos de consumo humano que deban ser ingeridos sin cocimiento. 2) Disposición subsuperficial. Este método consiste en hacer llegar las aguas negras a la tierra por debajo de su superficie a través de excavaciones o enlozados. Generalmente se eliminan así, las aguas provenientes de institucines o residencias en las que el volumen es muy limitado. Este método en la actualidad tiene muy poca aplicación. 3) Por dilución. Este método consiste en descargar las aguas negras en aguas superficiales, como las de un río, lago o el mar. Este origina la contaminación del agua receptora. El grado de contaminación es proporcional al volumen de aguas negras descargadas y su disposición. El factor determinante en esta contaminación, es la cantidad de oxígeno disuelto que contengan las aguas receptoras, ya que éste determinará que se favorezca una descomposición aerobia o anaerobia.

Función del oxígeno disuelto (O.D.) en las aguas receptoras. Al descargarse las aguas negras sobre las receptoras, tiene lugar la degradación y descomposición de los sólidos por la acción bacteriana. La presencia de oxígeno produce una descomposición aeróbica, mientras que si no existe presencia de oxígeno en el agua, se producirá una descomposición anaeróbica apareciendo condiciones putrefactas. El oxígeno se disuelve en el agua por contacto con el aire, hasta alcanzar la saturación.

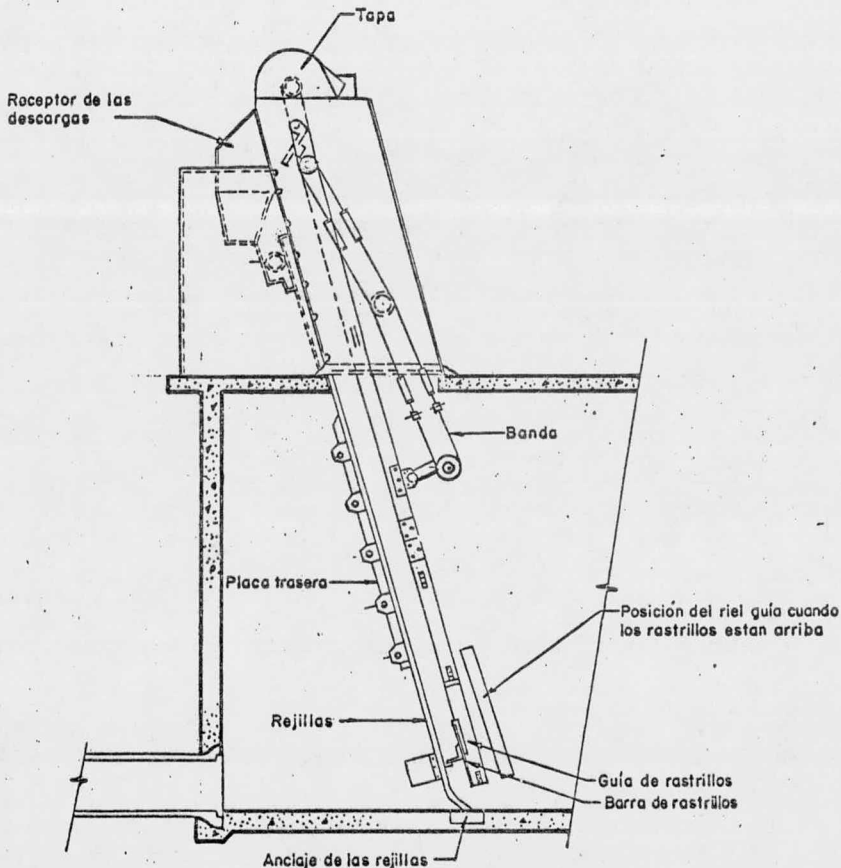
ción a una temperatura determinada. A 0°C , el punto de saturación es de 14.6 p.p.m. Esta concentración disminuye con la temperatura de manera que a los 15°C la concentración de saturación es de 10 p.p.m. La reaeración aumenta la velocidad de dilución del oxígeno.

Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.): La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aeróbica biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras se conoce como la demanda bioquímica de oxígeno. Con esta descomposición se requiere de un periodo de tiempo grande, dependiendo de la temperatura. Los valores de la D.B.O. en las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y la temperatura usados en la prueba. Los más comunes son 5 días y 20°C , y a menos que se especifiquen otras condiciones, debe suponerse que las determinaciones se hicieron bajo estas condiciones.

En el primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, el tratamiento preliminar lo forman las siguientes estructuras:

Estructura de llegada y cribado: Esta estructura está formada por una caja distribuidora del caudal que bien puede permitir el paso directo del agua hacia la barranca de Puente Blanco sin ningún tratamiento, entrar al proceso de tratamiento o bien descargar al tanque de aereación. Adosados, se inician 2 canales con un muro común en los que se encuentra un tipo de rejilla manual o automática. El caudal a manejar y el tipo de agua residual conteniendo residuos industriales de fibras textiles, pulpa de papel y otros hace necesario instalar una rejilla auto-limpiable. El control del flujo de agua se efectuará mediante la operación de compuertas manuales y el material retenido por las cribas será transportado a un incinerador construido para tal fin lateralmente a la estructura. Las dimensiones se calcularon de acuerdo a la velocidad

de llegada de 0.60 m/sg y a los caudales a manejar: Gasto mínimo 141 litros/sg; gasto medio, 249 litros/sg; gasto máximo, 569 litros/sg. Rejilla. En la estructura de llegada y cribado, se tendrán 2 tipos de rejillas: manual y automática. En posición vertical y con separaciones que varían de 19 a 50 mm y su sistema de limpieza puede ser manual o automático. El equipo será del tipo de rejilla inclinada con rastra viajera. Al llegar la rastra a su límite superior, los sólidos serán descargados en una tolva para su almacenaje y disposición final. Los sólidos así obtenidos, pueden disponerse en 2 formas: Incinerándolos o bajo tierra. En este caso, se seleccionó la incineración y se efectuará en un horno lateral a la rejilla, utilizando petróleo diáfano o gas como combustible.



TRATAMIENTO PRIMARIO. Un tratamiento primario, consiste en retirar de las aguas negras los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, -- mediante el proceso físico de sedimentación. Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad del flujo. Los principales dispositivos para el tratamiento primario son los tanques de sedimentación. Tanques de sedimentación simple: Su función principal, consiste en separar los sólidos sedimentables mediante el proceso de sedimentación. Los sólidos asentados se extraen a intervalos de tiempo frecuentes para evitar la descomposición con la respectiva formación de gases. Los sólidos pueden sedimentarse por la acción de la gravedad en una tolva o embudo, o hacia un punto más bajo en el fondo del tanque, de donde se bombean o descargan por la acción de la presión hidrostática. Los tanques con equipo mecánico para la recolección de los sólidos descargan los sólidos por bombeo. Estos tanques se conocen como tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica. Pueden ser de forma rectangular, circular o cuadrados, pero todos operan recolectando los sólidos sedimentados por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga. Las rastras pasan lentamente rozando el fondo del tanque empujando los sólidos sedimentados hacia una tolva localizada en el extremo de entrada del tanque, y luego son levantadas por una cadena hacia la superficie del tanque en donde, parcialmente sumergidas empujan los sólidos flotantes, grasas y aceites a un recolector de nata situado en el extremo de salida del tanque. Las entradas, deben diseñarse para dispersar la corriente alimentadora homogéneamente por todo el tanque; pueden ser semejantes a vertederos pero lo más usado es un canal de puertas espaciadas. Los deflectores se encuentran generalmente a la entrada y a la salida del tanque, sirviendo el primero,

para ayudar a difundir el flujo, y el último, para detener el material que flota. Los deflectores de espuma deben colocarse antes de los vertederos de salida. El diseño de los vertederos de salida, es sumamente variado. Los hay para hacer que las aguas negras sedimentadas salgan en forma de una película delgada y por la superficie del tanque, y generalmente son ajustables. Es muy importante que estén nivelados para -- que la descarga o salida, sea uniforme en su cresta. El término "carga del vertedero" se usa para expresar los metros cúbicos que pasan díariamente sobre un metro de vertedera. En las plantas de capacidad menora a $4,000 \text{ m}^3$ diarios, la carga del vertedero no debe ser mayor a $133 \text{ m}^3/\text{m}$ de vertedero y por día; lo cual puede aumentarse hasta 200 en plantas más grandes.

Capacidad superficial de sedimentación: Se expresa en términos de $1/\text{m}^2$ de superficie del tanque. Es un importante factor debido a que parece -- ser que afecta al porcentaje de eliminación de sólidos sedimentables y a la demanda bioquímica de oxígeno.

Tiempo de retención: Es el tiempo en horas que se retienen las aguas -- negras en el tanque, basándose en el gasto y volumen del tanque, suponiendo un desplazamiento total y un flujo uniforme a través del compartimiento de sedimentación. En la actualidad este factor se ha reemplazado por la carga de los vertederos y la capacidad superficial de sedimentación. Dimensiones globales: Según las normas aceptadas más recocientemente la longitud mínima es de 3 m y la profundidad no debe ser menor de 2.10 m (en tanques de limpieza mecánica). Las dimensiones -- del tanque quedan determinadas por la cantidad de aguas negras que se requiera tratar, por la planeación general de la planta, capacidad superificial de sedimentación y tipo de equipo. Supóngase que se van a tratatar $4,000 \text{ m}^3$ diarios en un tanque rectangular de 21 m de largo, 7.2 m

de ancho y 2.10 m de profundidad. Los vertederos de descarga son en forma de H, con 4 tramos de 7.20 m de largo y 2 tramos de 0.60 m de largo.

Carga de los vertederos: $4 \times 7.2 + 2 \times 0.6 = 30$ m de longitud total.

$4,000 / 30 = 133 \text{ m}^3 / \text{m}$. Capacidad superficial de sedimentación: $7.2 \times 21 = 151.2 \text{ m}^2$ de área en la superficie. $4,000 \text{ m}^3 / \text{día} / 151.2 \text{ m}^2 =$

$26.4 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$. O sea $26,400 \text{ l} / \text{m}^2 / \text{día}$. Tiempo de retención: $151.2 \times 2.1 = 317.52 \text{ m}^3$ (volumen del tanque). $317.52 \times 24 / 4,000 = 1.9 \text{ hrs}$

Eficiencia de los tanques. Deben eliminarse del 90 al 95 % de sólidos sedimentables, o sea 40 a 60 % de los sólidos suspendidos totales. La demanda bioquímica de oxígeno debe disminuir en un 25 a 35 %. Estas cifras son de carácter general dependiendo de la cantidad de sólidos suspendidos totales

Operación de los tanques: Los mecanismos colectores deben funcionar el tiempo suficiente para prevenir una acumulación de sólidos en el fondo del tanque. Si se dejan acumular los sólidos en el tanque se crea una carga indebida en el mecanismo, lo cual puede dañar el equipo. Además, los sólidos pueden descomponerse provocando la producción de gases y lodos flotantes. No se considera como buena práctica descargar lodos - una cantidad excesiva de agua, pues ésta ocupa lugar en el espacio de almacenamiento y consume calor en los tanques de digestión. Hay que tomar en cuenta que no se busca rapidéz en la descarga de los lodos, sino eliminar lodos concentrados, mientras están aún frescos para que quede limpio el fondo del tanque.

Ventajas y desventajas de los tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica y digestión de los lodos por separado: Ventajas: 1) El tratamiento de los lodos en tanques por separado, especialmente los tanques provistos de calentamiento, hace que se pueda controlar mejor el proceso de digestión. 2) El costo de construcción es menor.

Desventajas: Estos tanques requieren de mayor atención durante su operación, cuidado y mantenimiento del equipo mecánico.

Tratamiento químico: Los resultados obtenidos son mejores que los del tratamiento primario común, pero no tan bueno como los de un tratamiento secundario. Tienen lugar procesos físicos y químicos muy distintos a los que tienen lugar en el proceso biológico que es la base del tratamiento secundario. Este tipo de tratamiento se ha restringido a casos muy especiales, debido al progreso del tratamiento secundario, a la supervisión que requiere, al costo de los reactivos y a las cantidades excesivas de lodos de las que tiene que disponerse. Es usado en el tratamiento de desechos industriales que no son fácilmente biodegradables y en donde las condiciones de las aguas receptoras exigen periódicamente un mayor grado de tratamiento, pero que no llegan a justificar un tratamiento secundario. Este tratamiento consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas negras para producir un flóculo que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia coloidal, envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables y que se deposita rápidamente. La sustancia química neutraliza las cargas eléctricas que tienen las partículas coloidales, haciendo que se aglomeren y formen grumos fácilmente sedimentables. Los reactivos más usados son: sulfato de aluminio o alumbre, sulfato ferroso con cal, sulfato férrico y cloruro férrico con o sin cal.

Floculadores: Después de la mezcla del reactivo, se agita suavemente durante 15 a 30 min para producir la coagulación de las partículas. Si se desea disminuir la demanda bioquímica de oxígeno, debe aumentarse el tiempo hasta 45 min.

Eficiencia: Con el tratamiento químico, se logra una disminución hasta del 90% de los sólidos suspendidos y hasta un 70% en la demanda bioquímica de oxígeno; se adapta bien para disminuir la contaminación en

playas y aguas recreativas así como para desechos industriales que pudieran inhibir la actividad biológica. Su costo de operación es elevado debido al aumento de mano de obra, por los productos químicos y por la mayor cantidad de lodos que hay que tratar y disponer.

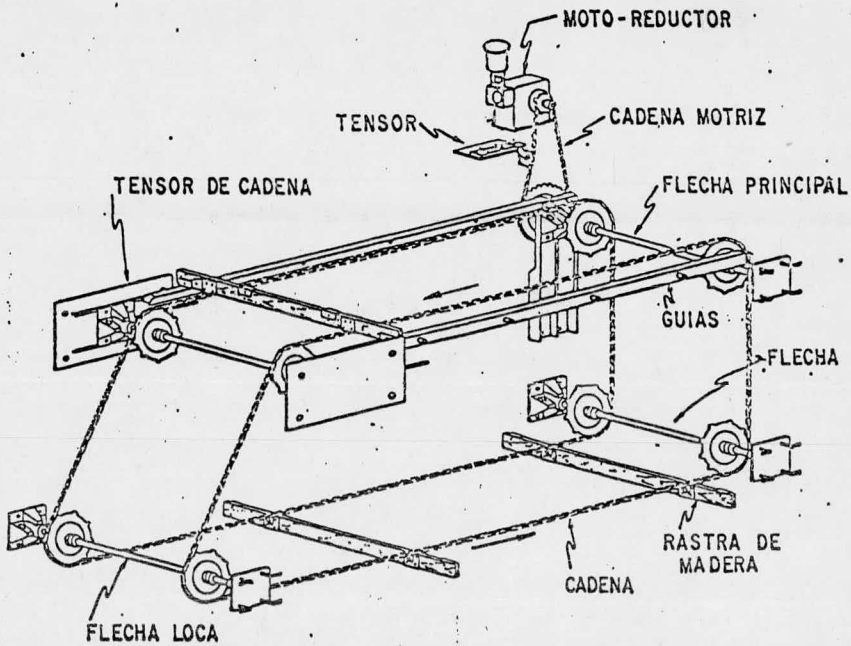
En el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, el tratamiento primario está formado por un proceso de sedimentación primaria consistente en 2 tanques rectangulares provistos de canales de llegada. El influente pasará de los canales de llegada a los de entrada de los tanques a través de compuertas manuales. Dichos canales están provistos de orificios de 10cm de diámetro para no crear condiciones de turbulencia o agitación. Cada uno de los tanques está provisto de un sistema de rastras mecánicas, las cuales prácticamente barren el fondo del tanque hacia las tolvas localizadas en el piso bajo del canal de llegada a fin de evacuar los lodos al digestor aeróbico. Los tanques cuentan con mecanismos de remoción de grasas y aceites consistente en un tubo ranurado longitudinalmente y con posición cambiable manualmente con pendiente hacia la parte lateral a fin de evacuar las grasas y aceites de la superficie hacia una trampa de grasas y hacer posible su disposición en el incinerador. El efluente sedimentado, rebosará una serie de canaletas dispuestas al final del tanque en forma de H, en cada cámara pasando así a un canal principal alimentador de un tanque de regulación. El dimensionamiento de los sedimentadores es el siguiente: Gasto del diseño = 570 l/sg; Tiempo de retención = 1 hr 20 min. No de unidades: 2 tanques; Volúmen: 1,368 m³; Profundidad: 3.20 m; --- Bordo libre: 0.50 m; Area: 427.50 m; Lado: 10 x 42.74 m. Los tiempos de retención que se presentarían dependiendo del caudal de entrada, resultan ser: Gasto mínimo, 140 l/sg; 5.4 hr. Gasto medio, 250 l/sg; - 3.0 hr. Gasto máximo, 570 l/sg; 1.3 hr. La concentración de sólidos --

suspendidos en el influente será de 800 mg/l que para un gasto medio - de 200 l/sg, resulta una carga de 576 Kg/hr, y de acuerdo a la eficiencia de remoción de un 60% se tiene que los lodos dispuestos al digester serán: $576 \times 0.6 = 345.6$ Kg/hr.

Con una concentración del 5% (50,000 mg/l), se requieren 4 tolvas por tanque en donde cada conjunto de tolvas estará conectado a un múltiple con válvula accionada hidráulicamente con regulador de tiempo a fin de enviar los lodos al digester.

Tanque de regulación: Consiste de una unidad localizada lateralmente al proceso de sedimentación primaria que tendrá como función, la regulación del caudal y la homogenización de las características del agua. Esta unidad operará en función de un medidor Parshall. En dicho tanque se tendrán variaciones de nivel según los caudales de entrada a la planta de tratamiento, siendo éstos los siguientes: Gasto mínimo = 140 l/sg Gasto medio = 250 l/sg; Gasto máximo = 570 l/sg; Gasto al resto del -- proceso = 200 l/sg. En el mismo tanque se instalarán dispositivos activados por señal neumática, controladores de nivel operados desde el medidor Parshall.

El siguiente equipo se instalará en la tubería entre el tanque de regulación y el aerador: una válvula de mariposa de 76 cm de diámetro. -- Este equipo se utilizará para controlar el flujo que pasará del tanque de regulación al tanque de aireación. Recibirá una señal neumática del medidor Parshall de agua cruda, con lo cual se regulará la apertura de la válvula permitiendo un paso de 200 l/sg de agua. Tendrá igualmente, un control de nivel en el tanque de regulación, el cual, al llegar a -- un nivel crítico, enviará una señal neumática que obligará a la válvula de mariposa a cerrarse hasta tener un nivel apropiado en el tanque de regulación, lo que permitirá el trabajo de dicho tanque en la forma en que se ha diseñado.



ISOMETRICO DE RASTRAS EN SEDIMENTADORES RECTANGULARES.

TRATAMIENTO SECUNDARIO. Si un tratamiento primario completo no es suficiente, existen 2 métodos básicos de tratamiento secundario: 1) Filtros goteadores y 2) Lodos activados. Los filtros de arena pueden usarse -- cuando se desee un alto grado de tratamiento. En estos tipos de tratamiento, se utilizan cultivos biológicos para llevar a cabo la descomposición aeróbica u oxidación del material orgánico, transformándolo en compuestos inócuos, lográndose un mayor grado de tratamiento. En los -- filtros, los organismos están adheridos al medio filtrante y hacia ellos va el material orgánico sobre el cual trabajarán. En cambio en los lodos -- activados son los organismos los que se llevan hasta la materia -- orgánica. En ambos casos, el éxito de la operación estriba en mantener

las condiciones aeróbicas ambientales favorables para el ciclo vital de los organismos y en controlar la cantidad de materia orgánica que descompongan. En los filtros goteadores o rociadores, deben ser precedidos por tanques de sedimentación primaria equipados con colectores de natas. Está integrado por las siguientes partes: 1) El lecho o medio filtrante. 2) Un sistema recolector. 3) Un mecanismo para distribuir uniformemente las aguas negras sobre la superficie del filtro.

El medio filtrante sirve para el doble propósito de proporcionar una gran superficie sobre la cuál puedan formarse los lodos y películas gelatinosas que producen las bacterias, y el que queden suficientes huecos que permitan que el aire circule libremente por todo el filtro. Cualquiera que sea el producto que se emplee, usualmente se especifica que debe ser homogéneo, duro, limpio, sin polvo e insoluble en los constituyentes de las aguas negras. La forma del material debe ser casi cúbica para impedir que se apelmace y de un tamaño tal, que pase a través de una malla de aberturas de 12.5 cm, pero que sea retenido por una de 5 cm. Los sistemas recolectores, tienen por finalidad: 1) Retirar las aguas negras que se han pasado a través del filtro, para aplicarles un tratamiento posterior. 2) Proporcionar ventilación al filtro para mantenerlo en condiciones aeróbicas. Cuando las piedras del filtro están más calientes que las aguas negras, la corriente de aire a través del filtro será ascendente. Si la temperatura del filtro es más baja, la dirección de la corriente de aire será descendente. La forma de estos sistemas o bloques generalmente es rectangular con canales para el efluente. La distribución de las aguas negras sobre el filtro, puede llevarse a cabo mediante 2 sistemas: 1) Aspersores fijos. 2) Distribuidores giratorios. Los primeros, se fijan sobre el filtro y son alimentados por un tanque dosificador controlado por sifón. Las aguas negras se aplican

por periodos cortos de tiempo, y entre los periodos de descanso, puede llenarse el tanque dosificador. La forma de los aspersores puede ser muy variada. Aún en las condiciones más favorables, la distribución -- no es completamente uniforme, quedando porciones de la superficie del filtro donde cae muy poca cantidad de aguas negras. Los distribuidores giratorios son alimentados por medio de una columna central hueca, a la que están conectados 2 o más ramales y cierto número de conexiones a través de los cuáles se aplican las aguas negras.

Tanques de sedimentación secundaria: El propósito de estos tanques es la alimentación de sólidos suspendidos que deben ser separados de las aguas antes de su disposición. Estos tanques son de diseño similar a los --- tanques de sedimentación primaria.

Lodos activados: Este al igual que los filtros goteadores, es un prooceso biológico en el cual los microorganismos aeróbicos se mezclan íntimamente con la materia orgánica en un medio favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. La eficiencia del proceso depende de - que se mantenga el oxígeno disuelto en las aguas negras durante todo - el tratamiento. Las aguas negras comunes contienen una cantidad insuficiente de organismos aeróbicos para llevar a cabo por sí solos la descomposición; por lo que es necesario el agregar una cantidad mucho mayor y distribuirlos bien, antes de que el proceso de lodos activados pueda empezar a trabajar con eficacia. Este proceso se aplica después de un tratamiento primario a las aguas negras. Estas aguas llevan sólidos -- tanto en suspensión como en forma coloidal, que con agitación y en presencia de aire forman conglomerados sobre los cuales se desarrolla la vida biológica, pasando a formar partículas cada vez más grandes de sólidos que se conocen como lodos activados. Estos lodos tienen la proopiedad de absorber o adsorber la materia orgánica coloidal y disuelta,

incluyendo el amoniaco de las aguas negras. Los microorganismos utilizan el material absorbido convirtiendolo en sólidos insolubles no putrescibles. La degradación bacteriana consiste en una sucesión de cambios de compuestos complejos a simples hasta llegar a productos no utilizables por las bacterias. Para lograr la cantidad suficiente de lodos, lo que se hace es utilizar nuevamente los lodos obtenidos durante un periodo de tratamiento; este proceso acumulativo se conoce como lodos recirculados. El exceso de lodos activados se retira continuamente y se acondicionan para su disposición final. Los lodos deben ser mantenidos en suspensión en el agua que va a ser tratada mediante algún método de agitación. De allí que el proceso de lodos activados conste de los siguientes pasos: 1) Mezclado de los lodos con las aguas a tratar. 2) Aereación y agitación. 3) Separación de los lodos. 4) Recirculación de la cantidad adecuada de lodo activados. 5) Disposición de los lodos. Dos términos de uso corriente, son: Índice volumétrico de los lodos: Es el volumen en mililitros que ocupa un gramo de lodos en la mezcla con las aguas negras al dejarlos sedimentar durante 30 min. En cada planta de tratamiento debe determinarse cuál es el índice volumétrico, debiendose esperar variaciones día a día, teniendo en cuenta que con el aumento de éste existirá una disminución en la densidad, y por lo tanto un abultamiento. Edad de los lodos: Es el tiempo medio en días, que está expuesta una partícula de sólidos a aereación en el proceso. Se calcula a partir del peso de los lodos en el tanque de aereación y los sólidos suspendidos en las aguas negras mediante la siguiente relación: Edad de los lodos = $V \times A / Q \times C$ En donde: V: Volumen del tanque de aereación en m^3 . A: Concentración de sólidos suspendidos en el tanque de aereación en p.p.m. Q: Gasto de aguas negras en m^3 / día. C: Concentración de sólidos suspendidos en las aguas negras que entran

al tanque de aereación en p.p.m. (excluyendo los lodos recircula dos). Es importante mantener la edad de los lodos dentro de ciertos límites, pero cada planta de tratamiento debe determinar la edad óptima según sea la naturaleza de las aguas tratadas. El mezclado de los lodos activados se lleva a cabo generalmente agregando los lodos recirculados a las aguas negras sedimentadas en el extremo de alimentación del tanque de aereación, en donde se lleva a cabo un mezclado uniforme y rápido. La aereación y agitación tienen 3 objetivos: 1) Mezclar los lodos recirculados con las aguas negras. 2) Mantener los lodos en suspensión. 3) Suministro de oxígeno para la oxidación biológica. El aire se suministra generalmente por alguno de los 2 métodos siguientes: a) Aereación por difusión. b) Aereación a presión, o aereación mecánica. En la aereación por difusión, se suministra aire a baja presión y se hace pasar por diferentes tipos de materiales porosos con objeto de repartir el aire en forma de pequeñas burbujas. Las placas difusoras están compuestas de alúmina cristalina fundida o de alguna arena con alto contenido de sílice y se fijan generalmente a estructuras de concreto armado. A fin de impedir su taponeamiento, es recomendable filtrar el aire para librarlo de polvo e impurezas. La cantidad de aire requerido, depende de : 1) La carga de la demanda bioquímica de oxígeno. 2) La cantidad de lodos. 3) La concentración de sólidos. 4) La eficiencia deseada en el abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno. La mínima cantidad de aire requerida en las aguas negras es de 2 p.p.m. de oxígeno disuelto. Una cantidad deficiente de oxígeno, provoca la obtención de lodos de baja calidad, mientras que con un exceso de aereación, se obtienen lodos demasiado finos de difícil sedimentación. Debido a que los lodos necesitan de un tiempo para asimilar la materia orgánica que hayan absorbido, es necesario mantener las condiciones aeróbicas. Se ha comprobado que un lapso de tiempo de 6 a 8 horas con aire difundido

do , y de 9 a 12 heras con aereación mecánica, es suficiente. La se__
paración de los lodos activados del tanque de aereación, se hace en --
tanques de sedimentación secundaria o final. Estos tanques son de dise__
ño similar a los sedimentadores primarios con limpieza mecánica. La re__
moción de los lodos es de mayor importancia que en los sedimentadores
primarios, ya que cierta porción debe ser retenida continuamente para
recircularla al tanque de aereación. Esta recirculación debe hacerse
antes de que los lodos pierdan su actividad por muerte de los microor__
ganismos en el fondo del tanque. Los lodos pueden ser reaereados en --
un tanque por separado antes de recircularlos. La cantidad recirculada
de lodos debe ser lo suficientemente grande para lograr la purificación
deseada, y lo más pequeña posible para lograr un aprovechamiento econó__
mico del aire. Dependiendo de las características de las aguas negras,
la cantidad de lodos recirculados puede variar desde 10 a 50% del volú__
men de las aguas negras a tratar. La cantidad óptima debe estimarse ex__
perimentalmente en cada planta teniendo en cuenta que la cantidad ópti__
ma queda limitada por el suministro de aire y la carga de las aguas ne__
gras. Si se deja que los sólidos se acumulen los requerimientos de ai__
re y alimentos excederán a los disponibles desequilibrándose la opera__
ción. El proceso convencional de lodos activados consiste en mezclar -
las aguas negras sedimentadas con los lodos recirculados a la entrada
del tanque de aereación. Este tanque se diseña de tal manera, que pro__
porcione un tiempo de aereación de 6 a 8 horas cuando existe aire di__
fundido y de 9 a 12 horas si la aereación es mecánica. Los lodos activa__
dos se recirculan en una proporción en la que se mantenga un contenido
de sólidos de 1,000 a 2,500 p.p.m. El proceso convencional de lodos ac__
tivados es capaz de llevar a cabo el mayor grado de purificación logra__
do hasta la fecha por los diferentes métodos de tratamiento de aguas -

negras de uso común, con excepción de la lograda por filtración intermitente en arena. Al estar moviéndose los flóculos de lodos activados entre las aguas circulantes, la descomposición de materia orgánica es más completa que la lograda en los filtros goteadores. Como el proceso de contacto biológico tiene lugar bajo el agua, desaparece el peligro de las moscas así como los problemas de malos olores. El espacio que requieren los lodos activados es mucho menor que el que se requiere -- para los filtros goteadores. Aunque el proceso de lodos activados puede adaptarse para tratar aguas de muy diversas concentraciones y composiciones, las cargas repentinas y las sustancias tóxicas pueden inhibirlo o destruir la actividad bacteriana. Existen algunas modificaciones al proceso convencional de lodos activados con el objeto de lograr economías en la construcción y/o operación. Algunas, se describen a continuación: 1) Aereación escalonada: En esta, el agua entra al tanque de aereación por varios puntos, pero los lodos solamente por el primer punto de entrada. Este origina que la concentración de sólidos sea mayor en el lugar de entrada y disminuye en las etapas subsecuentes. Esto origina que se pueda controlar con facilidad la cantidad de lodos que se mantienen en aereación. En este proceso pueden obtenerse resultados casi equivalentes al proceso de lodos activados (convencional) pero con la mitad del tiempo de aereación. 2) Aereación graduada: Consiste en suministrar una mayor cantidad de oxígeno en el punto de entrada de las aguas negras que en las etapas subsecuentes. Lográndose con esto, la disminución de los costos de operación y lograr un mejor control del proceso cuando se llegue a presentar alguna carga orgánica repentina. 3) Aereación modificada: Es conocida también como tratamiento intensivo con lodos activados. En esta modificación puede usarse el agua negra cruda o sedimentada. Se mezclan con el 10% de los lodos de recirculación

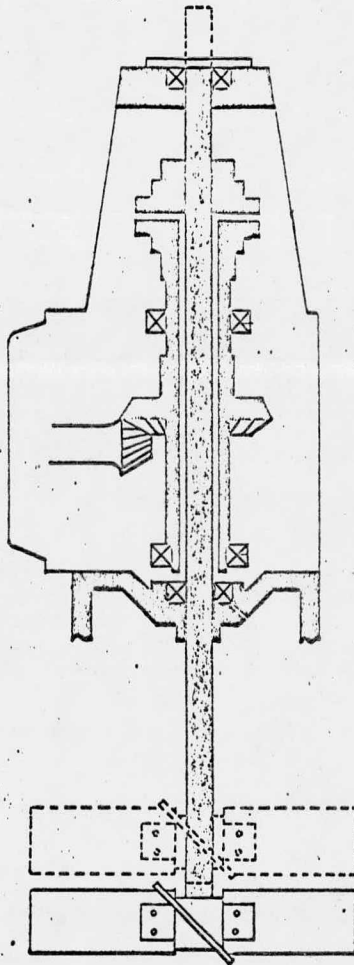
y se aerean durante 1 a 2 horas solamente. Controlando el suministro de aire, el tiempo de aereación y el porcentaje de lodos recirculados, se puede lograr casi cualquier grado de tratamiento entre la sedimentación primaria y el proceso convencional de lodos activados. Se obtienen ahorros en los costes de operación, así como menor superficie que en una planta convencional. 4) Aereación activada: Es un tratamiento por etapas con menor período de aereación. Los lodos obtenidos en la sección de lodos activados y que generalmente se desprrdicia como exceso de lodos, es pasada a una sección de aereación activada que recibe una porción de aguas negras sedimentadas. La concentración de sólidos es de 200 a 400 p.p.m. Se destinan tanques de sedimentación secundaria para ambas secciones. Este proceso ofrece gran flexibilidad y un amplio margen de eficiencia del tratamiento, según los requerimientos de las aguas receptoras, debido a que es posible variar la proporción del gaste total de aguas negras entre las 2 secciones. En el proceso de estabilización por contacto, los lodos activados se ponen en contacto íntimo con las aguas negras durante 15 a 30 min solamente. En este tiempo, los lodos absorben gran cantidad de la materia suspendida, coloidal y disuelta. Después esta mezcla es pasada a un sedimentador donde se separan los lodos y se pasan a un tanque regenerador en donde son estabilizados y regenerados por aereación. La digestión aeróbica es un proceso en el que se aerea vigorosamente un flujo continuo de agua con sus sólidos macerados, en un tanque diseñado para mantener el flujo durante un día. Después las aguas son pasadas a un tanque de sedimentación convencional para recircular los lodos sedimentados a aereación y derramar el agua clarificada al efluente receptor. Este proceso tiene por objeto, completar la estabilización de la fracción putrescible de la aguas negras, por oxidación biológica en un sólo compartimiento. La experien

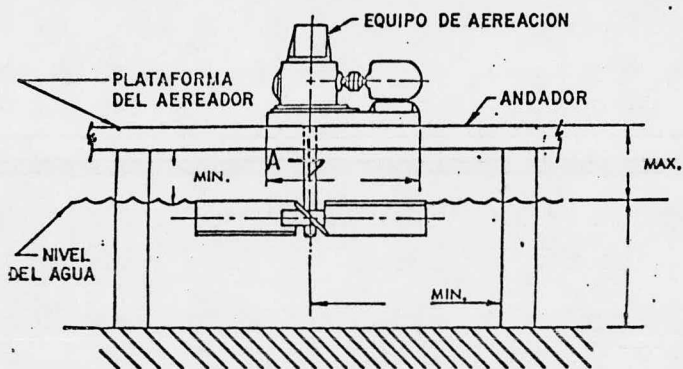
cia ha demostrado que este proceso es muy sensible a cambios repentinos de volúmen y/o a las características de los desechos.

El problema más común que se presenta en las plantas de tratamiento de lodos activados, consiste en que los lodos cambian sus características disminuyendo su sedimentabilidad, lo cual se manifiesta en el aumento de su índice volumétrico. Los lodos deben ser de apariencia granulosa bien delimitados, de color pardo dorado, y de olor a moho. Existen varias causas que provocan éste fenómeno. Algunas son descritas a continuación: 1) El acortamiento del período de aereación, como resultado de un flujo excesivo o grandes corrientes pluviales. 2) Corto circuito en los tanques de aereación. 3) Desechos industriales con grandes cantidades de sustancias orgánicas o tóxicas para los microorganismos. 4) Contenido demasiado alto de lodos o demasiado bajo en el tanque de aereación. 5) Aereación insuficiente que evite la debida formación de lodos, o -- excesiva aereación que llegue a desintegrar los flóculos. 6) Aguas sépticas en la sedimentación primaria. 7) Interrupción en la recirculación de lodos o intervalos demasiado largos. 8) Preponderancia de hongos -- que fórmen filamentos en los lodos. Las etapas anteriores, pueden resumirse diciendo que el abultamiento resulta de una sobrecarga o un balance indebido entre las 3 variantes: Carga de la demanda bioquímica de oxígeno, concentración de sólidos suspendidos en las aguas mezcladas y la cantidad de aire en el tanque de aereación. Algunas medidas correctivas para recuperar el ritmo normal del proceso, son: Agregar cal hidratada a los tanques de aereación para elevar el pH sin excederse de 7.1. Actualmente se está usando añadir cloro. Disminución de los sólidos que son llevados al tanque de aereación mediante la eliminación de lodos. Reaereación de los lodos antes de recircularlos a los tanques de aereación. Cloración de los lodos recirculados. Aumentar la cantidad -

de aire y el tiempo de aereación. Otro de los problemas más serios que pueden presentarse en una planta de tratamiento de lodos activados, es el espumamiento. La causa no se conoce con precisión, pero se piensa que es el exceso de detergentes sintéticos. Existen diferentes métodos para su control. Uno de ellos, es el uso de antiespumantes; estos productos son muy eficaces pero su costo es elevado. Otro método es la asperción fina de agua sobre la espuma. En el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, El tratamiento secundario está integrado por una unidad de aereación en donde se llevará a cabo la estabilización biológica del agua. El ambiente aeróbico será creado mediante aereadores mecánicos. Posteriormente al tratamiento de las aguas en este tanque, la masa biológica resultante será separada del líquido en 2 tanques de sedimentación secundaria o final. El nivel al cual deberá mantenerse la masa biológica en el tanque dependerá de la eficiencia requerida y las condiciones relativas de la cinética de crecimiento. --- Comúnmente se utilizan 2 tipos de aereadores mecánicos: Los de superficie y los de turbina. En los primeros, el oxígeno es introducido directamente de la atmósfera y en los de turbina es aplicado en la parte inferior del reactor. En el presente proyecto, se seleccionaron aereadores de superficie por presentar un máximo de simplicidad en el sistema de aereación ya que no se requieren compresores, tuberías y difusores. Los aereadores de superficie consisten de impulsores sumergidos totalmente o parcialmente, instalándose simétricamente en el tanque a fin de permitir una agitación suficiente del agua e introducir el oxígeno del aire, creando así un rápido cambio de interfase. El dimensionamiento de la unidad de aereación se llevó a cabo con el gasto del influente al proceso biológico que resulta ser de 200 l/sg y un tiempo de retención de 6 horas. No de unidades = 1 tanque. Volúmen = 4,320 m³ --

Profundidad = 3.10 m. Borde libre = 0.85 m. Area = 1,403 m². Lado = 46 x 30.50 m. Tiempo de retención = 6 horas. En el tanque de aereación se instalará el siguiente equipo: Seis aeradores formados por motor, flecha y hélice. Este equipo se instalará para poner en contacto las aguas negras sedimentadas, con el aire con el propósito de introducir aire al agua en aereación y que pueda llevarse la oxidación de la materia orgánica en condiciones aeróbias.



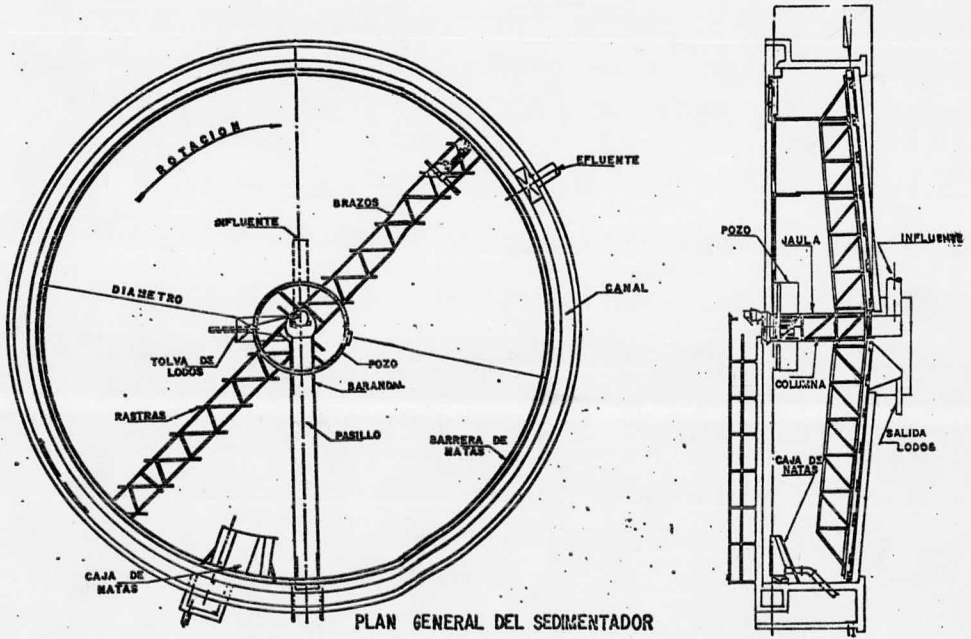


MONTAJE DEL AEREADOR
DE PLATAFORMA FIJA

Sedimentación Secundaria en el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas.

El proceso de sedimentación secundaria, consiste de 2 tanques circulares que reciben por la parte inferior (columna central) el efluente del tanque de aereación con objeto de continuar la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y de sólidos, reteniendo el caudal por un período de 2 horas. Esta unidad presenta como mecanismo, un sistema de rastras circulares movilizadas por un motor reductor que barren el fondo del tanque enviando los lodos sedimentados de la periferia al centro a una tolva circular en el piso con objeto de que a través de una tubería de interconexión, que presenta un sistema de válvulas actuadas por medidores de tiempo, los lodos con una concentración de 1.5 a 0.2% (- 15,000 a 2,000 mg/l) sean evacuados periódicamente al digestor aeróbico. El mismo mecanismo, está provisto de una serie de conductos que giran con la propia rastra a fin de que por carga hidráulica los lodos

encontrados a 1.50 m de la superficie del agua, sean tomados y enviados a un cárcamo de bombeo para su posterior incorporación al tanque de aereación. Esta cantidad de lodos retonada al aerador es del orden del 50% del caudal del influente ($200 \times 0.5 = 100 \text{ l / sg}$). El caudal de salida es desbordado por una canaleta periférica provista de vertedores triangulares dispuestos en placa de acero y posteriormente el efluente pasará al tanque de contacto de cloro. El dimensionamiento de los sedimentadores, ha sido hecho en base al caudal de diseño (100 l / sg), el tiempo de retención (2 horas), y la carga superficial ($800 \text{ l / min} \times \text{cm}^2$). Las dimensiones resultantes fueron: No de unidades = 2. Diámetro = 19.40 m. Pared de agua = 2.44 m. Volúmen = 720 m^3 . Area = 295.08 m^2 . Vertedores triangulares: No de vertedores = 295. Distancia = 0.20 m. Gasto por vertedor = $100 \text{ l / sg} / 295 = 0.341 \text{ l / sg}$. El equipo de los sedimentadores secundarios se utilizará para recolectar los lodos sedimentados en los tanques y dirigirlos hacia un punto de recolección desde donde se retirarán del tanque. El equipo de rastras deberá girar al rededor de una columna central bajo el impulso de un motor eléctrico, que se instalará sobre la columna central. El equipo constará con desnatadores para recoger las grasas, aceites, espuma, etc. y los materiales que se encuentren cerca e sobre la superficie del agua, incluyendo además, una caja de natas y un vertedero para el efluente. Los lodos encontrados a aproximadamente 1.50 m en los sedimentadores secundarios (lodos frescos) serán retornados al tanque de aereación, siendo como norma general retornar un 50% del influente de la planta (100 l / sg). La medición de lodos de retorno se realizará por medio de un medidor magnético, el cuál la enviará a un convertidor de señal, que transformará esta señal magnética en eléctrica, la que será enviada a un indicador, registrador y totalizador de gasto instalado en el tablero de control, en donde se registrarán los gastos.



CLORACION DE LAS AGUAS NEGRAS. La cloración consiste en agregar cloro a las aguas negras con un fin determinado. Puede ser aplicado en forma gaseosa, en solución acuosa o en forma de hipoclorito de sodio o de calcio que al disolverse en el agua, desprende cloro. El cloro gaseoso cuesta mucho menos que el proveniente de hipocloritos; por esta razón, es el más usado con excepción de aquellos casos en que se necesita una cantidad relativamente pequeña. El cloro es una sustancia sumamente activa que reacciona con muchos compuestos, dando productos muy diversos. Si se agrega una pequeña cantidad, se consumirá con los compuestos reductores como el H_2S y el hierro ferroso. Así no se logra ninguna desinfección. Si se agrega una cantidad mayor, formará compuestos orgánicos clorados, los cuáles tienen una ligera acción desinfectante. Si se añade el cloro suficiente para reaccionar con los compuestos reductores y con la materia orgánica, entonces actuará sobre el amoníaco y otros compuestos nitrogenados formando cloraminas y otros compuestos con acción desinfectante. El cloro que consumen los compuestos reductores y la materia orgánica se conoce como demanda de cloro. Es igual a la cantidad que se agrega menos la que permanece como cloro combinado después de cierto tiempo, que generalmente son 15 min. La cantidad de cloro en exceso sobre la demanda de cloro se define como cloro residual y se expresa en p.p.m. Por ejemplo: Un clorador alimenta 25 Kg de cloro en 24 hr; el gasto de las aguas negras es de $3,400 m^3$ y el cloro medido por la prueba de la ortotolidina después de 15 min, es de 0.5 p.p.m. de donde: Cloro dosificado = $25 / 3,400 \times 100 = 7.3 g / m^3 = p.p.m.$ Dosificación de cloro = $7.3 - 0.5 = 6.8 p.p.m.$ demanda de cloro.

Propósitos de la cloración: 1) Desinfección. Ningún tratamiento primario ni secundario pueden eliminar totalmente las bacterias de las aguas. Cuando el agua se descarga a masas que van a ser usadas como fuente --

de abastecimiento público o para propósitos recreativos se requiere de un tratamiento para destruir los organismos patógenos. Este tratamiento se conoce como desinfección. No se intenta esterilizar, pues la esterilización es la destrucción de todos los organismos vivos, lo cual es poco práctico. Debido a que los organismos patógenos son menos resistentes que los saprófitos puede lograrse la desinfección sin esterilización. Los experimentos de laboratorio han indicado que si se agrega el cloro suficiente para que después de 15 min exista en el agua una concentración de 0.5 p.p.m. de cloro residual, se logra la desinfección. Así la desinfección de las aguas negras se define arbitrariamente como la adición de suficiente cloro para dejar 0.5 p.p.m. de cloro residual a los 15 min de su aplicación. El punto de aplicación debe localizarse en un lugar donde el cloro pueda mezclarse rápidamente con toda la corriente de aguas negras y de manera tal, que dicha mezcla pueda sostenerse por un mínimo de 15 min antes de descargarse en la corriente receptora. La cantidad de cloro que se requiere para producir un cloro residual de 0.5 p.p.m. varía de 12 a 24 Kg por cada 1,000 m³. El ahorro que se obtendría al hacer varios ajustes en el suministro de cloro no compensa el tiempo que necesita el operador para lograrlo. Cuando se practica solamente un tratamiento primario, puede usarse el tanque de sedimentación como cámara de contacto y clorar el influente. Esto tiene la ventaja de lograr todos los beneficios de la precloración, sin olvidar que el objetivo principal es la desinfección. Algunas veces se hace algo similar en el tratamiento secundario, en donde la cloración se hace previa a la sedimentación. Se ha observado que con las siguientes dosificaciones de cloro se logra un cloro residual adecuado para la desinfección: Tratamiento primario: 20 a 25 p.p.m. Filtros goteadores : 15 p.p.m. Lodos activados : 8 p.p.m. Filtros de arena : 6 p.p.m.

2) **Prevención de la descomposición de las aguas negras.** a) **Control de olores:** El problema de olores ofensivos se presenta cuando las tuberías que transportan las aguas negras son demasiado largas permitiendo la descomposición anaerobia antes de que el agua llegue a la planta de tratamiento. En estos casos se añade una cantidad adecuada de cloro sólo con el objeto de retardar la descomposición bacteriana para que llegue en buen estado a la planta. Generalmente una dosis de 4 a 6 p.p.m. es suficiente. La práctica común consiste en empezar con una dosis alta - 9 10 p.p.m.) para lograr un rápido control de olores y disminuir gradualmente la dosificación durante el tiempo necesario que permita determinar la dosis mínima para satisfacer las condiciones particulares. b) **Protección de las estructuras de la planta:** La descomposición de las aguas negras pueden producir H_2S que por su concentración, su olor no llega a producir un problema serio, pero puede causar una seria corrosión en las alcantarillas interceptoras y en la misma planta de tratamiento. El remedio es el mismo que para el control de olores: una cloración adecuada para prevenir su formación o destruirlo si ya está formado. c) **Espesamiento de los lodos:** El exceso de lodos activados o los lodos propios de las aguas negras que entran a la planta pueden ser -- concentrados en tanques de retención o espesadores antes de mandarlos al digestor. Manteniendo 1 mg/l de cloro residual se impide que los -- lodos se vuelvan sépticos durante el periodo de retención. 3) **Mejoras en la operación de la planta.** a) **Sedimentación:** Una precloración en los tanques de sedimentación ayuda a obtener una sedimentación más completa , pero generalmente la precloración tiene por objeto otras metas. b) - **Filtros goteadores:** Los olores que se desprenden al distribuir las aguas negras sobre un filtro goteador, pueden controlarse por medio de una precloración en el tanque primario, o en su defecto, en el tanque dosi

ficador. c) Abultamiento de los lodos activados: Este fenómeno es causado por una sobre carga orgánica; una precloración ha dado buenos resultados, pero se logra un control mucho mejor cuando se cloran los lodos de recirculación, los cuales deben permanecer en contacto con la solución de cloro cuando menos durante un minuto, antes de mezclarlos con el influente del aereador. Riesgos en el manejo del cloro: Por ser el cloro gaseoso demasiado tóxico debe manejarse en recipientes y tuberías de acero, pero cuando tiene humedad, debe manejarse en recipientes resistentes a la corrosión como plata, vidrio, hule y plásticos. Además el personal que maneje el cloro debe usar máscaras apropiadas y debe ser entrenado debidamente. Solamente cuando el objeto de la cloración sea la desinfección, ésta debe ser continua.

En el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, el sistema de cloración está formado por 6 tanques permitiendo esta cantidad, suficiente cloro para un periodo de 20 a 25 días para rellenar los cilindros vacíos nuevamente. Tomando en consideración el sistema de tratamiento se requiere una dosificación de 8 mg/l. El sistema de inyección de cloro se utilizará para mantener en el agua bajo tratamiento, una concentración de 0.5 p.p.m. de cloro residual efectuando inyecciones de cloro en la descarga del agua tratada. El tipo de inyección por choques podrá ser utilizado. El sistema trabajará manualmente desde el tablero de control de cloración. El sistema se diseñó para una capacidad mínima de 180 Kg/ día de acuerdo a la concentración mencionada. Se usará un sistema de inyección en solución, teniendo como fuente de suministro de agua el efluente final de la planta misma. Teniendo en consideración que la calidad de agua deseada en el distrito es D_{111} , (calidad agrícola) y desconociendo la eficiencia de la planta de tratamiento, se acordó posponer la cloración hasta conocer el funcionamiento.

DIGESTION AEROBICA. El propósito de este proceso es la reducción del volumen de los lodos y la descomposición de la materia orgánica muy putrescible hasta compuestos estables o inertes. Con excepción de los tanques sépticos y de doble acción, la digestión se lleva a cabo en unidades separadas que se usan exclusivamente para este fin. Procesos de digestión: Cuando se realiza la digestión en ausencia de oxígeno libre los microorganismos que la llevan a cabo se conocen como anaeróbios. La mayor parte del agua de las aguas negras, se encuentra "embebida" en los sólidos. Los organismos vivos romperán la estructura molecular de estos sólidos y liberarán el agua obteniendo además, oxígeno y alim_{en}to para su desarrollo. Los sólidos solubles o disueltos como los azúcares, son los primeramente atacados en estas reacciones. Hay formación de ácidos orgánicos y gases como anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico. El pH de los lodos disminuye de 6.8 a 5.1; esto se conoce como etapa de fermentación ácida y se realiza con rapidéz. En seguida viene una segunda etapa en la cuál predominan organismos a los que favorece un medio ambiente ácido, lo cuál se conoce como período de digestión ácida, en donde los ácidos orgánicos y los compuestos nitrogenados son atacados con mucho menor rapidéz. El pH sube de 5.1 a 6.8. La tercera etapa se conoce como etapa de digestión intensa, estabilización y gasificación. En ésta etapa son atacados los compuestos nitrogenados más resistentes como las proteínas y aminoácidos. El contenido de ácidos volátiles disminuye. El pH aumenta de 6.8 a 7.4. Se producen grandes volúmenes de gases con un 65% de metano o más. El metano es un gas inodoro muy inflamable que puede usarse como combustible. Los sólidos que aún quedan, son relativamente estables o lentamente putrescibles, pudiendo disponer de ellos sin crear condiciones indeseables, teniendo valor en agricultura. Cuando la digestión se lleva a cabo en un sólo tanque, todas las etapas descritas, tienen lugar simultáneamente. El sobrenadante

del digestor, es eliminado continuamente al igual que el gas, con ---- objeto de dejar sitio a los lodos frescos. Los mejores y más rápidos - resultados se logran cuando los valores de pH predominantes en la terce ra etapa, oscilan entre 6.8 y 7.4. Las 2 primeras etapas de digestión - sólo son manifiestas al iniciarse la operación de las unidades de di _ gesti3n. Después se hacen patentes cuando existe un transterno de so _ brecarga, por productos químicos t3xicos, etc. El proceso de digestión puede medirse por la destrucción de la materia orgánica, o por el volú men y composición de los gases producidos. Los lodos bien digeridos, - tienen color negro, olor alquitranoso no desagradable y recogidos en - una probeta deben presentar estructura granular y mostrar canalizacio_ nes bien marcadas causadas por el agua al subir a la superficie mien _ tras los lodos se asientan en el fondo. Los factores ambientales que - intervienen en la actividad microbiana, son la humedad, temperatura, alimentación y alcalinidad. Se ha comprobado que la digestión tiene -- lugar casi a cualquier temperatura, pero el tiempo que tarda en comple _ tarse varía mucho. Son perjudiciales las variaciones bruscas de tempe _ ratura. A 12 o 13°C la digestión se completa a los 55 días. A medida - que la temperatura aumenta, el tiempo disminuye de manera que a los -- 24°C el tiempo se reduce a 35 días, a 30°C, 26 días. a 35°C a 24 días. La digestión que se realiza entre 27 y 38°C se llama mesofílica. A más de 38°C se conoce como mesofílica. Independientemente de la elección de temperaturas, ésta debe mantenerse en un rango estrecho que varíe en 1 o 2 grados para obtener un rendimiento óptimo. En los digestores con - calentamiento debe suministrarse el calor suficiente para: 1) Calentar los lodos crudos hasta que la temperatura deseada sea uniforme. 2) --- Evitar pérdidas de calor por las paredes, tapa y fondo del tanque. Los métodos para el suministro de calor son: Circulación de agua caliente a 50°C a través de tuberías o serpentines fijados interiormente a las

paredes del tanque. Circulación de lodos mezclados del tanque de digestión o de los lodos crudos por un cambiador de calor fuera del tanque. Combustión de los gases de los lodos en un calentador sumergido. Inyección de vapor en el fondo del tanque. Introducción de agua caliente o vapor a los lodos crudos antes de que entren al tanque.

El alimento para los microorganismos en el digestor proviene de los lodos crudos provenientes de las diferentes unidades de la planta de tratamiento. De allí que el volumen y velocidad de bombeo de lodos al digestor, sean factores vitales en la operación eficiente del digestor. Si se agregan demasiados lodos a un digestor predomina la primera etapa (ácida) a tal grado que el medio se vuelve desfavorable para los microorganismos que llevan a cabo las segunda y tercera etapas de la digestión. Cuando esto se presenta, se dice que el digestor está sobrecargado. Los organismos de un digestor son más eficientes cuando se les suministra su alimentación en volúmenes cortos a intervalos frecuentes. Al iniciar la operación de una unidad digestora, se pueden lograr resultados más rápidos poniendo al principio algo de lodos digeridos si se pueden obtener de otra planta. Esta siembra suministra una cantidad adecuada de organismos de la segunda y tercera etapas que consumirán los productos de la primera etapa, y así, la unidad "madurará" en menos tiempo. La mezcla de los lodos frescos con los lodos en digestión sirve para lograr varios propósitos: Mezclar íntimamente los lodos frescos con lodos en digestión activa. Evitar formación de espuma. Mejorar la transmisión de calor de los serpentines del interior o de otros dispositivos para calentar otras partes. El mezclado, puede ser continuo o intermitente pero cualquier forma que se use debe lograr una temperatura uniforme y suministrar a todos los organismos los requerimientos adecuados para alcanzar los resultados deseados. El mezclado intermitente permite la separación y eliminación del sobrenadante en un sólo

digestor. Con el mezclado continuo se acelera la digestión reduciéndose la capacidad necesaria en el tanque. Este último, requiere de un segundo tanque de digestión o almacenamiento para hacer posible la separación y remoción del sobrenadante. El valor óptimo de pH para los lodos en un digestor es cercano a 7.0, generalmente dentro de los límites de 6.8 a 7.4. En un digestor bien diseñado y operado es posible mantener un equilibrio entre los lodos frescos y los que se encuentran en digestión, de manera que el pH se mantenga propicio para el desarrollo de los microorganismos.

Tipos de digestores: Pueden clasificarse en: 1) Unidades digestoras que forman parte del tanque de sedimentación, como los tanques sépticos (en donde los lodos se encuentran en contacto con las aguas negras en sedimentación) y los tanques de doble acción (en donde las 2 funciones se llevan a cabo en compartimientos separados). 2) Los tanques separados que se usan exclusivamente para digestión, pueden clasificarse en: Cubiertos o descubiertos. En los descubiertos los gases desprendidos durante la digestión se recogen y son usados como combustible para motores de gas o para calefacción. Pudiendo ser estacionarias o fijas, o bien flotantes subiendo o bajando de acuerdo con la cantidad de gases que se acumulen. Con o sin calentamiento. Con o sin agitadores o dispositivos para el mezclado. Los lodos deben ser extraídos de las unidades de digestión antes de que se vuelvan sépticos, y lo más espesos posible pero que puedan ser manejados sin problemas a través de bombas y tuberías. Los dispositivos empleados para la digestión deben usarse a intervalos de tiempo adecuados que garanticen el buen mezclado de los sólidos con el inóculo. Esto hará que la digestión sea más rápida y uniforme y ayudará a evitar la formación de espuma.

Descarga del sobrenadante: El sobrenadante es el licor que se separa de

los sólidos de los lodos. Aunque el sobrenadante tiene un bajo contenido en sólidos, es rico en materia orgánica que se descompone rápidamente produciendo malos olores. Por tal motivo, generalmente es sometido a un tratamiento antes de su disposición. En los digestores de cubierta fija el sobrenadante debe ser extraído en igual volumen que los lodos frescos agregados al digestor, con objeto de evitar el aumento de presión interna hasta tal punto que la cubierta pueda levantarse y romperse. El procedimiento más usual para disponer del sobrenadante de los digestores consiste en agregarlo al influente del sedimentador primario pero esto puede causar que el tanque se vuelva séptico. En algunas plantas se ha encontrado ventajoso el retornarlo al tanque de reacción o a un filtro goteador. Cuando éstas últimas unidades son incapaces de tolerar esta sobrecarga, lo que se usa son lechos de lodos o lagunas.

Gases de la digestión. Los gases que se desprenden durante el proceso son el subproducto más valioso. Su utilización puede abatir grandemente los costos ya que es posible usarlos para producir la energía necesaria en una planta de tratamiento completo. Cuando la digestión ya se ha establecido y mantenido normalmente, los gases combustibles (principalmente metano) representan por regla general del 65 al 70% del volumen total, y los gases inertes (la mayor parte bióxido de carbono) del 25 al 30%. Pueden existir otros gases combustibles como el hidrógeno y ácido sulfhídrico y no combustibles como el nitrógeno y oxígeno. Las principales aplicaciones de estos gases son para calefacción o para producción de energía. Los gases de los lodos, forman mezclas explosivas en proporciones de una parte de gases con 10 a 15 de aire. Se recomienda una ventilación adecuada tanto en la parte inferior como en la superior para evitar acumulación de gases.

En el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, este proceso consiste en la oxidación directa del material biodegradable por la masa biológicamente activa de organismos y oxidación de material celular microbiano. Estos 2 pasos se ilustran en las siguientes reacciones:

$$\text{Materia Orgánica} + \text{Oxígeno} \xrightarrow{\text{Bacterias}} \text{Materia celular} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Materia Celular} + \text{Oxígeno} \xrightarrow[\text{Volátiles}]{\text{Sólidos}} \text{Lodos digeridos} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

La segunda reacción es denominada respiración endógena y normalmente es la predominante durante la digestión aeróbica. La estabilización completa se presenta hasta tener un período extenso de respiración endógena. Las ventajas que presenta la digestión aeróbica, son las siguientes: - Reducción de malos olores y de sólidos biodegradables, mejoramiento de la pérdida de humedad de los lodos, operación relativamente sencilla, no hay generación de olores, el número de organismos patógenos es reducido al igual que las cantidades de grasa y hexanos solubles, la tasa de respiración de los lodos así como la producción del sobrenadante es claro, bajas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno y fósforo total y se requiere una menor inversión comparada con la digestión anaeróbica. Las desventajas que presenta, son: los parámetros de diseño no están muy estudiados y los lodos aeróbicamente estabilizados generalmente presentan menos pérdida de humedad, por lo que se recomienda su disposición en terrenos de cultivo o en lechos de secado. El equipo en la unidad de digestión consistirá de 6 aeradores completos formados por motor, reductor, flecha y hélice. Este equipo servirá para poner en contacto los lodos con el aire con el propósito de oxidar la materia orgánica en suspensión. El sobrenadante pasará directamente a un cámara lateral al de los lodos de recirculación. Los lodos digeridos, serán evacuados a los lechos de secado por gravedad. Los caudales a manejar resultan: sobrenadante = 9.53 l/sg. Lodos digeridos = 0.47 l/sg

LECHOS DE SECADO. Aún en el mejor de los casos, los lodos digeridos -- contienen gran cantidad de agua, por lo que no se pueden disponer satisfactoria y económicamente de ellos. Los lechos de secado eliminan una cantidad de agua suficiente para que el resto pueda manejarse como materia sólida dejando un material con un contenido de humedad de un 70% o menos. Los lechos consisten de una capa de grava de tamaño regular de 30 cm de profundidad, bajo una capa de arena limpia de 15 a 22.5 cm -- de profundidad. Bajo la capa de grava debe haber colectores de teja -- de junta abierta, con no menos de 15 cm de grava sobre ellos y espacios de 6 en 6 cm como máximo. La tubería que lleve los lodos a los lechos debe desembocar a 30 cm sobre la superficie de arena. Sobre los lechos deben colocarse placas distribuidoras y protectoras de concreto en los puntos de descarga de los lodos. Los lechos pueden ser cubiertos o descubiertos, o bien pueden ser cubiertos con vidrieras como los --- invernaderos. Son más comunes los descubiertos. El objeto de cubrir con vidrieras los lechos, es el protegerlos del frío del invierno, cuando se podrían congelar y de lluvias que ocasionarían que no se secaran. - Los lechos cubiertos requieren de menor superficie que los descubiertos, pero el costo de construcción, es mucho mayor. El secado de los lodos es el resultado de 2 fenómenos: Drenaje y evaporación. Al aplicar los lodos, flotan al desprenderse los gases o fluidos, formandose una capa de licor que escurre o drena hacia abajo a través de la arena. El principal escurrimiento ocurre entre las primeras 12 a 18 horas. El secado subsecuente se debe principalmente a la evaporación. A medida que ésta se lleva a cabo, la superficie se agrieta permitiendo la evaporación de las capas más profundas. El espesor de la capa de lodos que se aplique, se determina con la experiencia, pero varía de 20 a 30 cm. -- Con el uso de alambre, el tiempo de secado que para una capa de 20 cm

sería de unas 3 semanas, el tiempo de secado puede reducirse casi a -- la mitad. La adición de un producto químico (ácido sulfúrico, alum__bre, caparrosa verde clorada, sulfato ferroso, cloruro férrico con o sin cal, etc.) baja el valor del pH a tal punto que las partículas más pequeñas se coagulan formando otras más grandes y el agua contemida -- en los lodos se separa más fácilmente. No hay un valor de pH definido para todos los lodos. Este debe determinarse en cada caso. El producto químico debe disolverse y mezclarse íntimamente con los lodos para uti__lizar la coagulación.

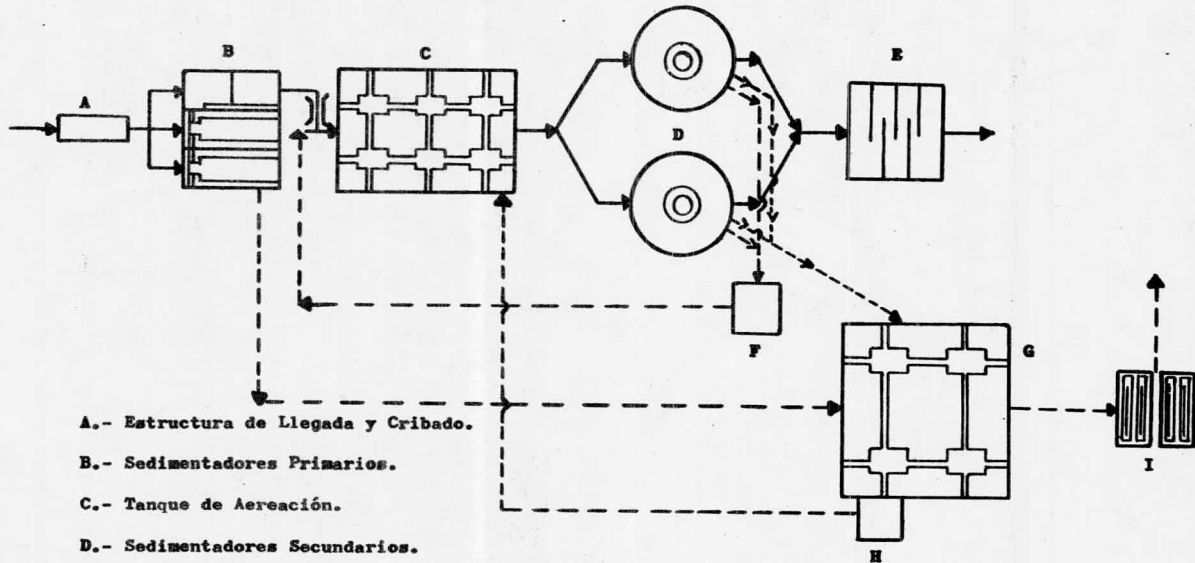
La palabra "elutriación" significa purificar por lavado. En el trata__miento de aguas negras, significa la extracción por medio de agua, de los compuestos amoniacales en exceso. Esto se logra poniendo en contac__to por poco tiempo los lodos con el efluente de la planta, y el sobre__nadante se retorna al proceso de las aguas negras. El proceso se lleva a cabo en tanques similares a los de sedimentación primaria, pero do__bles, en donde el agua de lavado y los lodos entran por extremos opues__tos. La cantidad de agua necesaria requerida es el doble o triple del volúmen de los lodos que se están elutriando. La elutriación, presen__ta varias ventajas: Disminución en un 65 a 80% la cantidad de produc__tos químicos necesarios para el acondicionamiento. Menor contenido de cenizas en la torta del filtro. Se requiere poca o niniguna cal como acondicionador.

En el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas, los lechos de secado permiten la pérdida de humedad de los lodos, al llevarse el filtrado a través de los lechos de arena y grava. Siendo recolectado - este filtrado en drenes inferiores bajo la capa de grava. A fin de --- hacer los sólidos manejables, las referencias indican su uso en lodos digeridos aeróbicamente (Ref. EPA - Sludge Treatment and Disponsal).

Las pruebas definitivas de los lodos generados en el Distrito por un periodo prolongado permitirán establecer el tratamiento definitivo de los lodos y que bien podrá ser filtración al vacío o centrifugación. Se ha estimado conveniente proponer la construcción de 4 lechos de secado. Su dimensionamiento, está basado en el cálculo de lodos al digestor y las recomendaciones de EPA.

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS LODOS RESIDUALES. Los lodos de las aguas negras, son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentados. Por su origen reciben el nombre de primarios, secundarios, exceso de lodos activados o lodos químicos. Por el tratamiento recibido pueden denominarse crudos, digeridos, elutriados, húmedos o secos. Los lodos se tratan con objeto de facilitar su disposición mediante la disminución del volumen del material que va a ser manejado, mediante la eliminación parcial o total de la porción líquida y mediante la descomposición de la materia orgánica putrescible a compuestos orgánicos e inorgánicos relativamente estables o inertes. La composición de los lodos depende de la naturaleza del agua y principalmente del tipo de proceso del cual se obtuvieron. Los lodos obtenidos de un tanque de sedimentación simple son los lodos de las aguas crudas y por consiguiente se les conoce como lodos crudos. Estos generalmente no han sufrido descomposición por lo que son sumamente inestables y putrescibles. Son de color gris y contienen fragmentos de desperdicios, sólidos fecales, etc. y tienen un olor nauseabundo. Los lodos de un tanque de sedimentación secundaria se componen de materia orgánica parcialmente descompuesta, son de color café oscuro, floculentos, de aspecto más homogéneo y con menos olor que los lodos crudos. Los lodos en exceso separados en el tratamiento de lodos activados están parcialmente descompuestos, son de color café dorado y floculentos, con olor a tierra no desagradable. --

Diagrama del proceso de tratamiento de aguas negras en el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas.



A.- Estructura de Llegada y Cribado.

B.- Sedimentadores Primarios.

C.- Tanque de Aereación.

D.- Sedimentadores Secundarios.

E.- Caseta de cloración.

F.- Bombeo de lodos.

G.- Tanque Digestor.

H.- Bombeo de Sobrenadante.

I.- Lechos de Secado.

Estas dos últimas clases de lodos, por ulterior descomposición se hacen sépticos y de mal olor. Los lodos de precipitación química son por lo general, negros; el olor puede ser desagradable, pero no tanto como el de los lodos crudos. Es conveniente manejar los sólidos lo más concentrados posible, por las siguientes razones: Economizar espacio de almacenamiento. Economizar capacidad en las bombas. Economizar calor en los digestores con calentamiento. Se considerarán como métodos de tratamiento a aquellos procesos que se emplean en una planta de tratamiento hasta la disposición final de los productos de dicho tratamiento. Los procesos a que puede ser sometido el lodo se pueden clasificar como a continuación se muestra:

Clase de lodo.	Espe_samiento.	Estabili_zación.	Acondicio_namiento.	Eliminación de agua.	Secado por ca_lentamiento.	Reduc_ción.	Disposi_ción final.
Prima_rio.		Descom_posición		Filtro a presión.			
		Diges_tión aeró_bica.		Lechos de secado	Seca_miento instan_táneo.		Tierra de cosecha.
		Diges_tión anaeró_bica.	Químico.	Centrifugación.		Inci_neración.	Restaura_ción de tierra.
Secun_dario.	Grave_dad.			Filtros rotato_rios.	Comp_ar_timien_tos múl_tiples.		
	Flota_ción.	Trata_miento con cal	Elutria_ción.	Filtros con ce_ñidor horizon_tal.	Caja se_cadora.	Oxida_ción húmeda con ai_re.	Generación de energía
	Centri_fuga_ción.	Clora_ción.	Calenta_miento.				
		Calenta_miento		Criba cilin_drica.	Secado por as_persión	Piróli_sis.	Relleno sanitario.
Quimi_co.				Lagunas			Océanica.

Espesamiento: El término "espesamiento" se usa para describir un incremento en la concentración de los sólidos..Estabilización (reducción): La estabilización de los lodos es un proceso que tiene por objeto la conversión de los lodos en una forma menos ofensiva, mediante la reducción de malos olores, grado de putrescibilidad y contenido de organismos patógenos. La digestión anaeróbica así como la aeróbica involucran una estabilización biológica del lodo a través de una conversión parcial de la materia putrescible a líquido, sólidos disueltos y productos gaseosos, con alguna destrucción de patógenos. Estos procesos reducen además, el volumen del lodo que se secará. De estos procesos resulta una estabilización y una reducción en la cantidad de sólidos. Calentamiento: El calentamiento, causa la muerte de patógenos. En consecuencia, la materia orgánica putrescible es sustancialmente disuelta, apareciendo en el licor cocido con las subsecuentes decantación o eliminación de agua. Descomposición: Es un proceso aeróbico que involucra la estabilización biológica del lodo. Origina reducción de sólidos, patógenos y mal olor. Acondicionamiento: Es un pretratamiento del lodo que facilita la remoción de agua en el espesamiento. Los métodos químicos, involucran el uso de floculantes orgánicos o inorgánicos para ayudar a la formación de una torta de lodo. En esta forma, los floculantes producen un lodo con menor cantidad de agua, facilitan la captura de sólidos (por aglomeración), y facilitan la formación de la torta. Esta torta resultante, es el verdadero medio filtrante. En el proceso de espesamiento los floculantes promueven una separación de fases más rápida, un contenido más alto de sólidos y mayor grado de captura. Calentamiento: El calentamiento se refiere a la presión del cocimiento de los lodos de tal manera, que sólo tiene lugar una pequeña oxidación. Así, el calentamiento es diferente a la oxidación total que generalmente invo-

lucra más altas temperaturas y presiones, con inyección de aire para favorecer una mayor oxidación de los lodos. El secado de los lodos por calentamiento involucra la aplicación de calor para evaporar la mayor cantidad de agua posible. Reducción de lodos: Se define como el proceso de reducción de los sólidos volátiles del lodo. La disposición final de los lodos está referida a si se realiza en el líquido, torta, lodos secos o cenizas. La secuencia y funciones de las unidades del proceso, son las que a continuación se muestran:

- 1) **Espesamiento:** Remoción de agua, reducción de volúmen, eficiencia de los procesos posteriores y mezclado.
- 2) **Estabilización (Reducción) :** Destrucción de patógenos, reducción de volúmen y peso, control de olores, control de putrescibilidad y producción de gas.
- 3) **Acondicionamiento (Estabilización):** Mejorar el grado de espesamiento o eliminación de agua, mejorar la captura de sólidos, mejorar la compactabilidad y estabilización.
- 4) **Eliminación de agua:** Remoción de agua, reducción de volúmen y peso, reducción de los requerimientos de incineración o secado y cambios en la humedad de la torta.
- 5) **Secado por calentamiento:** Remoción de agua, esterilización y utilización.
- 6) **Reducción (Estabilización):** Destrucción de sólidos, remoción de agua, conversión y esterilización.
- 7) **Disposición final:** Utilización (tierras de cosecha), -- utilización (energía), utilización (restauración de terrenos), --- disposición (relleno sanitario) y disposición (oceánica).

Modificación de las propiedades físicas y químicas. Tratamiento biológico y químico combinados: La adición de sales metálicas en varios puntos del tratamiento biológico convencional, con objeto de la remoción de fósforo, trae como consecuencia una producción adicional de lodo. Este importante incremento resulta primeramente de la precipitación de los compuestos metálicos insolubles, tales como los fosfatos. Las -

siguientes conclusiones se han obtenido después de realizar numerosos estudios con diferentes lodos: 1) La adición de cal en un tratamiento primario provoca el mayor incremento en la producción de lodos. 2) El incremento mínimo en la masa de lodo se logra con el uso de aluminio en las unidades de aereación. 3) Tanto la masa como el volumen del lodo, dependen grandemente de las características del agua residual. 4) La selección de un tratamiento químico, así como su punto de aplicación, debe realizarse estimando la procesabilidad del lodo así como la adición de éste. Las características del lodo que pueden afectar la procesabilidad, son: 1) La densidad de partícula. 2) La distribución del tamaño de partículas. 3) La carga superficial. 4) Grado de hidratación. 5) Compresibilidad.

La densidad de las partículas es lo más importante en el espesamiento de los lodos, debido a que afecta la velocidad de asentamiento. La distribución de tamaño de partícula afecta, tanto el espesamiento como la eliminación de agua. Conforme el tamaño de partículas decrece la relación superficie/ volumen se incrementa exponencialmente. El incremento del área superficial involucra mayor hidratación, la mayor demanda química e incrementa la resistencia a la eliminación de agua. La distribución del tamaño de partícula también afecta la compresibilidad. Los 2 factores principales que determinan una dispersión estable de sólidos en líquidos son la carga superficial y la hidratación. La carga superficial debe ser neutralizada para promover la floculación. El descuido de la carga superficial puede ocasionar otros efectos superficiales como el que las partículas se hidraten afectando adversamente el proceso de remoción de humedad. Todos los lodos de aguas residuales contienen en cierto grado sólidos suspendidos con cierto grado de carga superficial e hidratación. Desafortunadamente, todos los sólidos --

contenidos en los lodos de las aguas de origen municipal producen tortas de lodos compresibles e hidrofílicas sólo si antes de la eliminación de agua, son coagulados y floculados.

Tamaño de partícula: Las partículas finas y coloidales se encuentran presentes en las aguas residuales crudas y prácticamente todas escapan a la captura de sólidos en las unidades primarias. Desafortunadamente, algunos de los procesos de los tratamientos de aguas residuales tienden a crear partículas finas adicionales. Los mejores procesos para la remoción de finos son la coagulación y la floculación. La resistencia específica a la filtración, es una medida de la relativa eliminación de agua del lodo. Ha sido definida como la presión requerida para producir una unidad de flujo a través de una torta que contiene una unidad de peso de sólidos secos por unidad de área cuando la viscosidad del líquido es uniforme. El valor específico es determinado en el laboratorio mediante experimentos de filtración.

Compresibilidad y retención de agua. La filtración, es la operación mediante la cual existe una separación de una mezcla heterogénea de un líquido y partículas sólidas a través de un medio filtrante que permite el paso de un líquido, pero retiene la mayor parte de partículas sólidas. La velocidad de formación de la torta, porosidad estructura y características del agua son los factores dominantes en la filtración; no el espacio abierto del medio. En una torta idealizada, incompresible, el vaciado es constante. Cuando existe un gradiente de presión las partículas no se deforman ni decrece la porosidad. No existe un incremento fuerte en la resistencia a la filtración conforme el tiempo. En el caso de tortas compresibles la deformación de las partículas disminuye el vaciado, incrementándose la resistencia a la filtración. El grado y velocidad de la deformación se relaciona con la resistencia

a la filtración, la cual será mayor en la base de la torta. La compre-
sibilidad y la retención de agua características de la torta de lodo,
decrece materialmente con el uso de los métodos de acondicionamiento -
para facilitar la eliminación de agua.

Efecto de la digestión anaeróbica sobre la eliminación de agua. Las --
características esenciales de los lodos primarios no son cambiadas --
significativamente por los procesos de digestión. El lodo se compacta
y se le elimina el agua fácilmente. No obstante, la experiencia en va_
rias plantas indican que la digestión produce un lodo el cuál es ligera
mente más problemático al someterlo a eliminación de agua que el lo_
do primario crudo.

Los sistemas convencionales de aereación, producen lodos activados que
son más variantes en su naturaleza que los lodos primarios. La principal
causa de esta variación es el modo de configuración y modo de operación
del sistema en particular. No obstante, se podría generalizar sin lími_
tes acerca de la naturaleza y características de la biomasa en el gua
sanitaria doméstica. El lodo activado contiene partículas de menor ta_
maño que el lodo primario. Se encuentran compuestas de un 60 a 90% o -
más de material orgánico celular, conteniendo una gran cantidad de agua.
Partículas elementales de lodo activado son agregadas generalmente du_
rante la biofloculación. El establecimiento de los procesos para lodos
activados es difícil debido a las interferencias interparticulares y -
las fuerzas entre los líquidos. El grado de floculación existente en -
el lodo activado en la unidad de aereación debido a la biofloculación,
o bien al uso de floculantes, afectará las características establecidas
asi como el grado de captura de sólidos.

ESPESAMIENTO (MEZCLADO). El espesamiento, incrementa el contenido de
sólidos en el lodo mediante una remoción parcial de la parte líquida.

Este proceso se repite varias veces durante el tratamiento de los lodos para reducir su volumen. Las unidades que producen espesamiento de lodo son: Sedimentación primaria: Clarificación del líquido y/o espesamiento. Elutriación: Lavado y espesamiento del lodo. Sedimentación secundaria: Clarificación del líquido, espesamiento parcial. Espesado por sedimentación: Espesamiento y mezclado del lodo.

Espesamiento por flotación con aire. En general, el espesamiento por flotación con aire se emplea cuando las partículas tienden a flotar en vez de hundirse. Esta flotación usa burbujas de gas para incrementar la flotación de las partículas sólidas. Puede llevarse a cabo por 4 formas: 1) La flotación ocurre cuando las burbujas se generan por introducción de aire a través de un impulsor o un medio poroso. 2) La flotación con aire a presión ocurre cuando se introduce el aire a alta presión 3) La flotación sencilla, ocurre cuando el aire es suministrado al agua residual aerada a presión atmosférica. 4) La flotación biológica tiene lugar cuando los gases formados por la actividad natural de los microorganismos son usados para la flotación de los sólidos. Las partículas sólidas adheridas a las burbujas poseen una densidad menor que la del agua y tienden a flotar. Debido a que la solubilidad del aire se incrementa con la presión, es posible la disolución de cantidades apreciables de aire. La presión usada en la flotación es importante debido a que determina la saturación de aire o el tamaño de las burbujas formadas. Esto influye en el grado de concentración de sólidos y la calidad del sobrenadante. En general, al incrementarse la presión o el flujo de aire se produce una mayor flotación de sólidos y una menor concentración de sólidos suspendidos en el efluente. Las burbujas menores de 100 micras y preferentemente menores de 50 micras son las más deseables para obtener una flotación efectiva. La relación

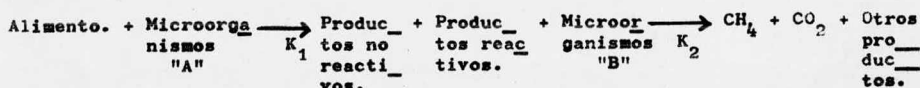
aire - sólidos es un parámetro importante debido a que puede aumentar la tasa del lodo. La relación aire - sólidos necesaria es función, en primer lugar, de las características del lodo. La relación más comúnmente usada para un exceso de lodos activados, es de 0.02. Han sido 66 usados muchos agentes químicos en los sistemas de flotación. Estos agentes químicos aglomeran los sólidos dentro de un flóculo estable, lo cual facilita la captura de las burbujas de gas. Los polielectrolitos catiónicos son los agentes químicos más ampliamente usados. La experiencia ha demostrado que la introducción del polímero en el sitio donde las burbujas se forman y se mezclan con el lodo, dan por resultado la máxima eficiencia.

Ventajas y desventajas de los espesadores por flotación con aire disueltos: Confiabilidad, producto espeso, alta concentración de sólidos, bajo costo, mantenimiento del lodo en condiciones aeróbicas, alto costo de operación (agentes químicos).

Espesamiento centrífugo. El uso de centrifugas para el espesamiento del exceso de lodos activados no es común. Se ha usado sólo cuando existen limitaciones de espacio o las características del lodo hacen inútiles otros métodos. Si un lodo puede ser espesado por gravedad o flotación, (sin el uso de agentes químicos) este tipo de espesamiento centrífugo económicamente no es recomendable.

ESTABILIZACION (REDUCCION). El principal propósito de la estabilización es la reducción de malos olores y putrescibilidad de los lodos tratados, así como la cantidad de organismos patógenos. Si los lodos van a ser sometidos a eliminación de agua e incineración, la estabilización es innecesaria. La mayoría de los métodos de estabilización, particularmente las digestiones anaeróbica y aeróbica, dan por resultado una disminución de sólidos suspendidos en el lodo. Estos 2 procesos se usan cada vez más. El interés por la digestión aeróbica del exceso de lodos activados va creciendo debido a que puede producir condiciones

exotérmicas en las reacciones. La cloración se ha limitado a situaciones especiales o cuando se involucran tanques sépticos en el tratamiento de las aguas residuales. Digestión anaeróbica: En la siguiente tabla pueden observarse las reacciones bioquímicas que tienen lugar -- durante la digestión anaeróbica.



Sustancias complejas.	Principalmente formación de ácidos.	CO ₂ , H ₂ O	Ácidos orgánicos.	Metano, fermentación.	H ₂ O H ₂ S
Carbohidratos, grasas y proteínas		Productos intermedios, y estas.	Productos celulares y otros productos intermedios.		Células y productos degradación.

La digestión comprende una serie de complejos procesos bioquímicos, -- en donde varios grupos de microorganismos anaerobios y facultativos -- asimilan y transforman simultáneamente la materia orgánica. Con propósito de simplificación, estos procesos pueden describirse como sigue:

1) En la primera fase facultativa, los organismos formadores de ácido convierten la compleja materia orgánica en ácidos orgánicos volátiles. Se forma ácido acético, propiónico, butírico, etc. durante ésta fase, ocurren pequeños cambios en la cantidad total de materia orgánica del sistema, resultando pequeños cambios de pH. 2) La segunda fase involucra la conversión de los ácidos orgánicos volátiles a metano y dióxido

do de carbono.

Este proceso anaeróbico es controlado por bacterias productoras de metano. Estas bacterias proliferan con velocidad relativamente baja. Son muy sensibles a cambios de pH, composición de sustrato y temperatura. Si el pH baja de 6.0 cesa la formación de metano y por lo tanto no hay decremento en el contenido orgánico del lodo. Las bacterias productoras de metano son altamente activas en niveles mesofílicos y termofílicos. Los mesofílicos, son aquellos que se encuentran entre 80 y 110°F y los termofílicos entre 113 y 149°F. En general los digestores en los Estados Unidos de Norteamérica, operan termofílicamente.

La digestión anaeróbica, puede ser influenciada por factores tanto físicos como químicos. Algunos de éstos se enlistan a continuación:

Factores físicos: Tiempo de retención, temperatura, concentración de sólidos, grado de mezclado, distribución de sólidos. Factores químicos: Potencial hidrógeno, alcalinidad, contenido de ácidos volátiles, nutrientes y materiales tóxicos.

La velocidad del crecimiento bacteriano y por lo tanto, la velocidad de estabilización, aumenta y disminuye con la temperatura.

Inactivación bacteriana: La digestión anaeróbica reduce la población bacteriana como se muestra en la siguiente tabla:

Bacteria.	Periodo de digestión.	% de remoción.	Observaciones.
Entamoeba Hystolytica	12 días	100	Gran reducción de la población a 68°F
Salmoella Typhosa	20 "	92	85% de reducción en 6 días de retención.
Bacilos de la tubercu losis.	35 "	85	
Escherichia Coli	49 "	100	Gran reducción de la población a 99°F

Cuando las condiciones de los digestores no son favorables para la --- multiplicación de los organismos más patógenos, éstos no son letales.

Digestión aeróbica. La digestión aeróbica implica la aereación de lodo primario, del biológico o una combinación de los 2 en un tanque abier__ to. Generalmente esto se usa para estabilizar el exceso de lodos acti__ vados o el exceso de lodos de plantas chicas. Las ventajas de esta di__ gestión, son: Relativa simplicidad en su operación, requiere de menor gasto comparado con la digestión anaeróbica, no genera olores significa__ tivos, reduce a niveles muy bajos el número de organismos patógenos, - reduce la cantidad de grasas, produce un sobrenadante que clarificado, es bajo en demanda bioquímica de oxígeno, sólidos y fósforo total, re__ duce la tasa de respiración del lodo. Este proceso no carece de des__ ventajas: Alto costo de operación. Ordinariamente, se emplean lechos de secado para la eliminación del agua en ésta clase de lodo.

El oxígeno puro en vez de aire puede ser usado en esta clase de diges__ tión para la estabilización de los lodos, en la cuál se requiere una - gran cantidad de oxígeno que no la da el aire.

Oxidación con cloro: Para lograr una buena oxidación, se requieren lige__ ras dosis de cloro (2,000 mg/ l). En este proceso el lodo se seca -- bien en lechos de secado y es estable. El sobrenadante y filtrados del proceso contienen altas concentraciones de cloraminas.

Tratamiento con cal: La adición de cal en cantidad suficiente para man__ tener un pH entre 11.0 y 11.5 estabiliza el lodo y destruye las bac__ terias patógenas. El lodo estabilizado con cal se seca bien en lechos de secado y sin problemas de olores. La filtrabilidad puede ser mejo__ rada con el uso de cal; no obstante, se requiere de cierta precaución cuando se practica la disposición del lodo para la tierra. Su disposi__ ción en lechos de secado puede crear situaciones donde el pH baje hasta

cerca de 7.0, antes de que el lodo se seque por completo, causando con esto un nuevo crecimiento de organismos resultando condiciones nocivas. Las pseudomonas como las salmonellas, son totalmente eliminadas y el total de aeróbicas es reducido entre el 88 y el 99%. Las coliformes fe cales son destruidos en un 99%.

Tratamiento con calor para la estabilización: Esta forma de tratamiento es un método bien conocido para la destrucción de los organismos patógenos y ha sido aplicada con objeto de desinfectar el lodo. Los 2 métodos que se han aplicado para el tratamiento de lodos son la pasteurización y la oxidación a baja presión.

La pasteurización implica el calentamiento de los lodos a una determinada temperatura por un tiempo definido con objeto de destruir a los organismos indeseables. El cuadro que se muestra a continuación expone el efecto de varias temperaturas de pasteurización y los tiempos en los que los organismos patógenos típicos son encontrados en los lodos. Cerca de los 75°C por una hora es efectiva para la reducción de los indicadores de coliformes así como en la destrucción de patógenos.

Organismo. Temperatura °C

	Minutos.				
	50	55	60	65	70
Entamoeba histolytica.	5				
Huevecillos de Ascaris Lumbricoides.	60	7			
Brucella abortus.		60		3	
Corynebacterium diphtheria.		45			4
Salmonella typhosa			30		4
Escherichia Coli.			60		5
Micrococcus Pyrogene var. aursus.					20
Mycobacterium tuberculosis.					20

ACONDICIONAMIENTO. El acondicionamiento de lodos se define como el pretratamiento que facilita la eliminación de agua mediante un proceso de espesamiento.

Acondicionamiento químico y el uso de polielectrolitos: Las partículas sólidas presentes en el lodo generalmente necesitan de un acondicionamiento debido a que son demasiado finas, hidratadas y poseer cargas -- electrostáticas. Estas características de las partículas inhiben el espesamiento y la eliminación de agua, lo cual es causa de su composición química y la estructura superficial de éstas. El lodo es una suspen ---sión coloidal estable y la función de un acondicionador consiste en -- desestabilizar dicha suspensión. Las partículas pueden perder, ganar - o distribuir electrones para formar enlaces covalentes, iónicos, puen ---tes de hidrógeno o cadenas dipolares o inducidas. Prácticamente todas las partículas en el agua residual tienen carga negativa. Dependiendo de la carga neta de la suspensión, ésta puede ser floculada por adsor ---ción de polímeros (polielectrolitos) con cargas positivas (cationes) o negativas (aniones). Los polímeros no iónicos (carga neta cero), pueden trabajar también como floculantes. Los polímeros aniónicos son adsorvidos en las partes catiónicas de las partículas. Los polímeros - no iónicos pueden adsorverse a través de puentes de hidrógeno, pero -- normalmente asumen cierto grado de potencial negativo Zeta en la fór ---ma dispersa. En general los polielectrolitos floculan por neutraliza ---ción de las cargas superficiales en las partículas dispersas. A pesar de la gran variedad de polímeros usados, es imposible generalizar acer ---ca de la aplicación de uno en específico, ya que éste dependerá de la naturaleza de los lodos en particular. Se requieren pruebas de labora ---torio o piloto. Hay que hacer notar que no hay 2 polímeros que den --- los mismos resultados ya que algunos trabajan mejor, combinados con --

otros compuestos químicos, etc.

Uso de compuestos inorgánicos. Los iones metálicos polivalentes (férrico, ferroso, aluminio) se hidrolizan en agua para producir complejos polinucleares. Las sales metálicas usadas en el acondicionamiento de lodos, son el cloruro férrico y sulfato ferroso. Su función primera, es como coagulantes. Las sales hidrolizadas poseen propiedades poliméricas. La cal hidratada es comunmente usada en combinación con las sales metálicas. Además la cal tiene un ligero efecto deshidratante en los coloides; es usada también en el control del pH, reducción de malos olores, desinfección y como ayuda para la filtración.

Elutriación. La elutriación se ha venido usando ampliamente para el acondicionamiento de los lodos digeridos anaeróbicamente antes de recurrir a las sales metálicas. El proceso involucra la extracción de los carbonatos solubles (alcalinos) y fosfatos así como las partículas más finas de lodo. El principal objetivo de este proceso, es la reducción del uso de acondicionadores químicos y la producción de un lodo con fácil eliminación de agua.

Tratamiento con calor. En un tratamiento con calor, se alcanzan temperaturas de 300 a 500°F y presiones de 150 a 400 psig en períodos prolongados. Uno de los efectos del tratamiento con calor es la ruptura de la gel que se encuentra dentro del agua y de los sólidos residuales. Los lodos de agua residual están compuestos esencialmente por material celular. Estas estructuras contienen gel intracelular. El calor rompe las células liberando el contenido proteico del protoplasma. Además, rompe las proteínas produciendo un licor oscuro conteniendo polipéptidos solubles, nitrógeno amoniacal, ácidos volátiles y carbohidratos.

Aplicación de acondicionadores: La secuencia óptima de los acondicionadores es bien determinada por la experiencia cuando se usan 2 o más de

éstos. Normalmente el cloruro férrico es añadido en primer lugar cuando se requiere el uso de cal. Los polímeros aniónicos son agregados primero cuando es necesario el uso de polímeros aniónicos y catiónicos.

Acondicionamiento con espesamiento por flotación. Los acondicionadores químicos pueden ayudar a la flotación de los sólidos incrementando la velocidad de aglomeración, concentración y captura. Los 2 primeros parámetros están relacionados y dependen de la adición del polímero así como del lodo activado..

Acondicionamiento por eliminación de agua. Una importante variable en la eliminación de agua es la aplicación y dosificación de los acondicionadores químicos. Los métodos de eliminación de agua son la filtración rotatoria, centrifugación y filtración con presión.

Centrifugación. Los floculantes poliméricos se usan normalmente para el acondicionamiento de los lodos en centrifugas de tazones sólidos. Las sales metálicas no son usadas por presentar problemas de corrosión. Los parámetros a vigilar para controlar una buena efectividad son: La velocidad de producción y el contenido de sólidos.

Lechos de secado. El uso de lechos de secado para el acondicionamiento de los lodos, comunmente no se usa; no obstante, en casos aislados se ha hecho uso de polímeros y elutriación.

Filtración con presión. En este tipo de filtración, es común usar acondicionadores tales como cenizas y sustancias inorgánicas. Altas presiones (200 psi) tienen el objeto la destrucción de la floculación probocada por los acondicionadores normales.

ELIMINACION DE AGUA. Los métodos para la remoción de agua de los lodos líquidos, así como para cambiar la forma física de los sólidos húmedos dependen principalmente del tipo de eliminación de agua en particu

lar. La relación entre los diferentes métodos de eliminación de agua - puede verse en la siguiente tabla:

Método.	Pretratamiento normal.	Uso normal de la torta con eliminación de agua.				
	Espe si amien to .	Acondicio namiento .	Relleno sanitario	Tierra es pre ada.	Trata miento con ca lor .	Incineración.
Filtros al vacío rotato rios .	si	si	si	si	si	si
Centri fugación	si	si	si	si	si	si
Centri fuga (cana ta).	variable	variable	no	si	no	no
Lechos de secado.	variable	no común	si	si	no	No
Lagunas	no	no	si	si	no	no
Filtros de pren sa .	si	si	si	variable	no común	si
Filtros con ajus te hori zontal	si	si	si	si	si	si

La operación ideal de eliminación de agua podría capturar prácticamente todos los sólidos en la eliminación al mínimo costo. La torta resultante podría tener las características físicas así como el contenido de - humedad óptimo para los procesos subsecuentes. La facilidad de operación y compatibilidad con la planta serían también óptimos.

Filtración al vacío. La filtración al vacío de lodo de agua residual,

depende de la porosidad del medio de las partículas sólidas en el lodo. El lodo primario crudo contiene partículas menores de 0.15 mm. La forma ción de la torta filtrada es acompañada primero por un recubrimiento del medio con partículas grandes y éste es seguido por un empaquetamiento de los poros por las partículas pequeñas. La elutriación tiene por ob_ jeto la remoción de las partículas pequeñas que obstruyen la abertura de los poros. Los acondicionadores químicos cambian el tamaño de parti_ cula del lodo y eliminan una gran cantidad de partículas pequeñas. Los polielectrolitos y agentes químicos inorgánicos actúan aglomerando las partículas finas, reduciendo la resistencia y clarificando el filtrado. El fierro y la cal tienden a precipitar las partículas finas haciendo_ las de un tamaño tal, que no pueden obstruir los poros abiertos más pe_ queños. El tratamiento con calor solubiliza gran parte de las particu_ las pequeñas y otras son atrapadas en la operación de decantación. Dos caminos para incrementar la remoción de agua en la filtración al vacío son el uso de un medio de filtración ordinario permitiendo el paso de - algunos sólidos finos, y el acondicionamiento químico.

Captura de sólidos. Para no afectar la eficiencia el contenido de spoli dos en el agua reciclada deberá ser determinada experimentalmente. No obstante, en las plantas que trabajan con sistema biológico, la expe__ riencia indica que normalmente se requiere una captura de sólidos tota_ les mayor al 90% en la etapa de eliminación de agua. La captura de sól_i dos puede ser afectada por: La proporción relativa de sólidos suspendi_ dos y disueltos en el lodo; las características del lodo, acondiciona_ miento y medio de filtración. Los filtros al vacío rotatorios y los de ajuste horizontal son los que producen el filtrado de mejor calidad -- y porlotanto, la mayor captura de sólidos.

Formación de la torta. Debido a que la eliminación de agua es una de -

las 2 etapas importantes en la remoción de sólidos, la formación de la torta es afectada en esencia, por los mismos parámetros de operación de la captura de sólidos.

Contenido de sólidos en la torta. El contenido de sólidos en la torta, se ve afectado por el tipo de lodo, el acondicionamiento y la operación de la máquina.

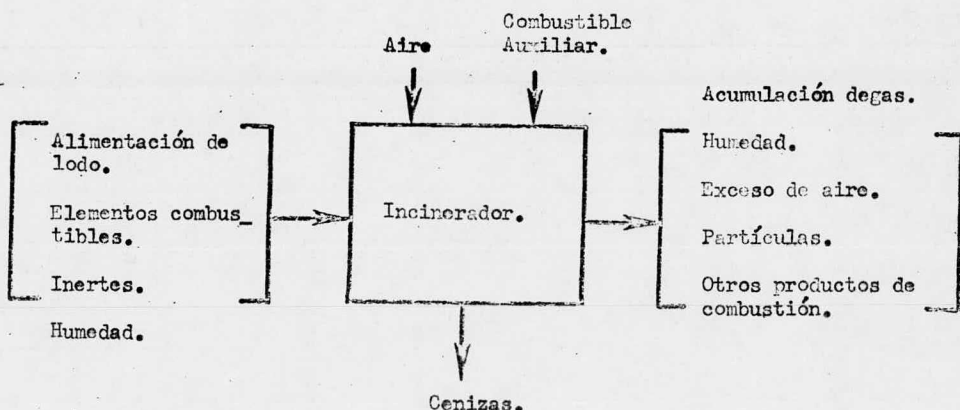
Lechos de secado. El método de eliminación de agua más ampliamente usado en los Estados Unidos de Norteamérica, es el secado de lodos en lechos de arena ya sean abiertos o cerrados. Los lechos de arena presentan la ventaja de que necesitan poca atención de operación. Las grasas y aceites descargados con el lodo en los lechos, provocan un serio retardo en el drenado. En el uso de lechos de arena, se deben tener en cuenta algunos parámetros como son: las características del lodo, la disposición de tierra, la proximidad de zonas habitacionales y el uso de acondicionadores. Lo más importante son las condiciones climatológicas. Factores tales como grado de precipitación, cantidad de sol, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento, determinarán la efectividad del secado. La naturaleza del lodo y el contenido de humedad tienen gran importancia durante el proceso. Los lodos que contengan partículas ásperas y duras se secarán rápidamente; los que contengan grasa, más lentamente; el lodo viejo se seca más lento que el nuevo; el lodo primario se seca más rápido que el secundario y el lodo digerido se seca más rápido que el lodo fresco. La buena digestión del lodo es importante para lograr un secado óptimo. En un lodo bien digerido los gases tienden a hacer flotar las partículas sólidas dejando en el fondo un líquido relativamente claro, por lo que puede drenarse más fácilmente a través de la arena. Los lechos de arena pueden ser cubiertos con vidrio, protegiéndolos con éste, de la lluvia, se controlan los malos olores e insectos y se reduce el tiempo de secado

en los tiempos de frío. La experiencia ha demostrado que se requiere solamente del 67 al 75% del área necesaria para los lechos abiertos. Una buena ventilación es importante para el control de humedad y optimizar la evaporación. La adaptación de equipos mecánicos para la remoción del lodo en lechos cubiertos es más difícil que en los cerrados. La eliminación de agua es rápida durante los primeros 2 días. Después le siguen de 2 a 5 semanas de una eliminación lenta debida casi exclusivamente a evaporación. Con buen tiempo, una torta con el 45% de sólidos puede estar lista en 6 semanas con buena digestión. Con el uso de acondicionadores, el tiempo de secado puede ser abastado en un 50% o más.

Lagunas. Las lagunas de secado son un sistema de bajo costo para la eliminación de agua del lodo, siendo ampliamente usadas en los Estados Unidos de Norteamérica. Son similares a los lechos de secado excepto en que estos últimos el lodo es removido periódicamente y la laguna sólo se rellena. Las lagunas se usan en zonas donde el lodo nunca va a ser removido, por lo que es un sistema que presenta limitaciones en áreas donde no hay suficiente tierra disponible. El lodo se estabiliza para prevenir problemas de malos olores antes de eliminar el agua en lagunas de secado. Los problemas por malos olores suelen ser mayores en las lagunas que en los lechos de secado, porque el lodo en la laguna, tiene mayor cantidad de agua por períodos más prolongados que los lechos de arena. Cuando se desea hacer uso de una laguna de secado, deben tomarse en consideración: Que el terreno debe ser lo suficientemente poroso, las áreas cercanas deben ser sujetas a un reconocimiento para prevenir la entrada de agua superficial a la laguna, que la profundidad de la laguna no sea mayor de 24 pulgadas y que se deberán contar por lo menos con 2 lagunas.

REDUCCION. La reducción del lodo generalmente es térmica y dá por resultado una mayor reducción de sólidos. Así, el secado con calor no es propiamente un proceso de reducción.

Incineración. Los elementos básicos para la incineración del lodo, --- se muestran a continuación:



Secado relámpago. El secado relámpago consiste en la eliminación de humedad de los sólidos mediante su introducción a una corriente de gas - caliente.

Oxidación húmeda con aire. Esta oxidación se basa en el principio de - que ninguna sustancia capaz de ser quemada puede ser oxidada en la presencia de agua líquida a temperaturas de 250 a 700° F.

Pirólisis. Así como la incineración, la pirólisis es un proceso controlado de combustión. A diferencia de la incineración, la pirólisis no - implica que los residuos sean quemados. La pirólisis ha sido usada du - rante años en la industria en la producción de carbón de leña, metanol, y gasificación de carbón de piedra. El proceso requiere de una temperatura a la cuál la materia volátil destile, dejando carbón y materia -- inerte. El carbón y la materia volátil no se queman en el proceso de debido a que el calentamiento tiene lugar en una atmósfera pobre de oxi-

geno. La materia volátil puede ser quemada como residuo en un compar
timiento secundario conteniendo suficiente aire, o bien el gas puede
 ser enfriado y condensado para recobrar aceite y brea, o bien, limpia_
 do y usarse como combustible. Así como la incineración, la pirólisis -
 reduce el volumen del lodo y esteriliza el producto final. La pirólisis
 ofrece la ventaja de eliminación de la contaminación de aire y la pro_
 ducción de subproductos útiles.

La contaminación del aire puede ser controlada debido a que el calenta_
 miento tiene lugar dentro de un sistema cerrado de donde los gases pro_
 ducidos pueden recuperarse para su posterior uso como combustible.

Recalcinamiento. A menudo, la cal es usada como coagulante además de -
 como una etapa terciaria o un paso posterior a una clarificación pri_
 maria, en plantas donde se practiquen tratamientos biológicos o físico_
 químicos para la remoción del fósforo de las aguas residuales.

PROCESOS DE DISPOSICION FINAL. La necesidad de un tratamiento particu_
 lar para todos los lodos residuales es bien conocido. Lagos y ríos no
 son del todo aceptables para la disposición del lodo. Los métodos de -
 disposición final pueden ser clasificados como procedimientos para dis_
 posición o para utilización. Los procedimientos de disposición incluyen
 rellenos sanitarios y su disposición oceánica. El relleno sanitario,
 es uno de los mejores métodos para la disposición final del lodo así -
 como la incineración. La disposición oceánica no está adquiriendo gran
 auge debido a las regulaciones en actual establecimiento. Los procedi_
 mientos de utilización, se describen en la siguiente tabla:

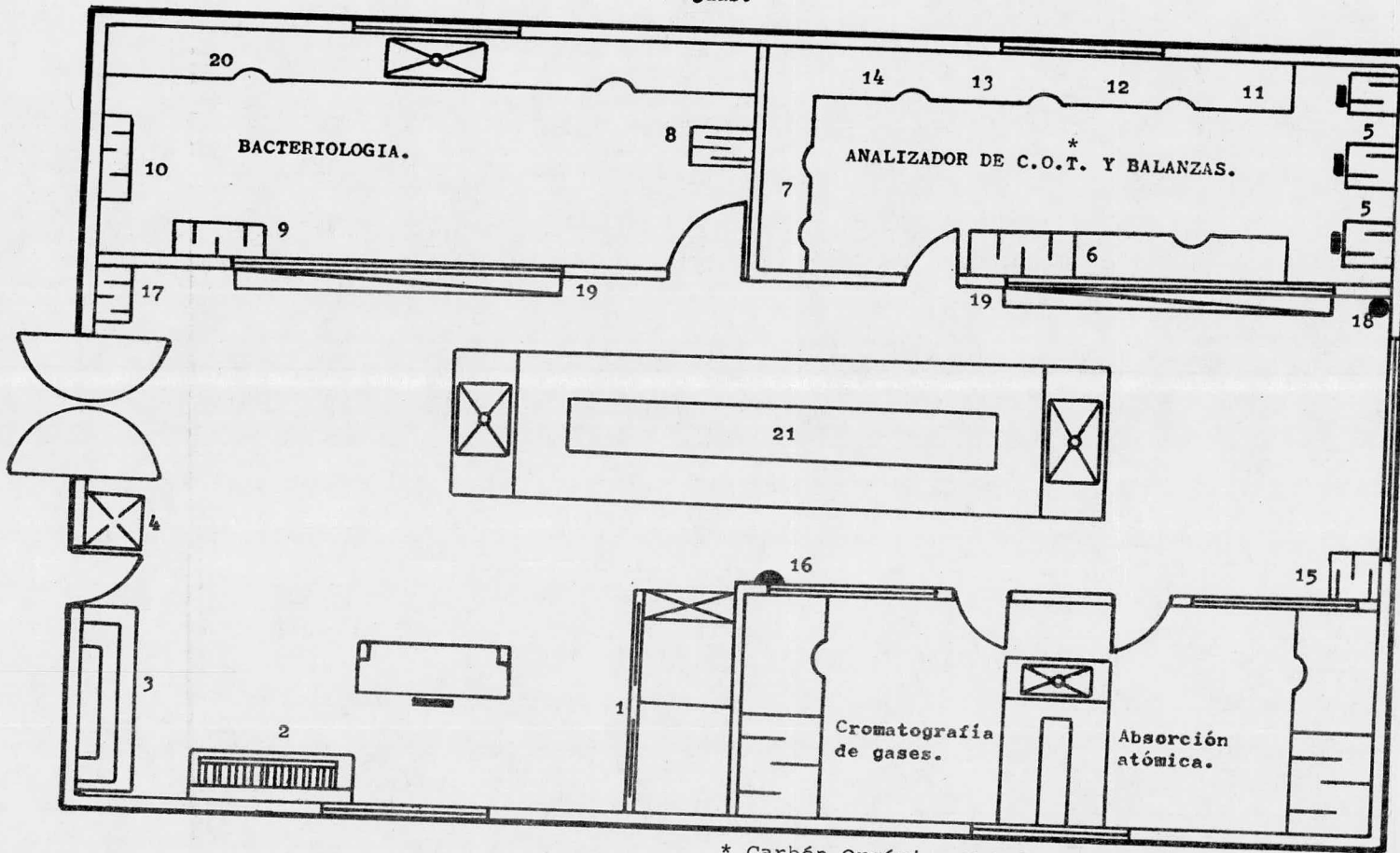
Procedimiento de utilización.	Forma del lodo.
Aplicación en tierras de cultivo.	Líquido o torta seca.
Restauración de terrenos.	Líquido o con - eliminación de agua.

Relleno sanitario. El lodo estabilizado sin contener agua libre puede ser dispuesto satisfactoriamente como relleno sanitario ya sea solo, o en mezcla con sólidos municipales. Un relleno sanitario debe ser manejado como un residuo que se deposita sistemáticamente y debe ser cubierto con tierra. La disposición de las cenizas o la torta del lodo estabilizado en rellenos sanitarios puede ser un procedimiento aceptable cuando la tierra es adecuada y su localización y precauciones operacionales previenen la creación de condiciones ofensivas o peligrosas para la salud. Antes de su disposición en rellenos sanitarios se deberá extraer el agua con objeto de minimizar el agua libre presente.

Uso del lodo en tierras de agricultura. La aplicación del lodo en tierras de cultivo es muy popular por ser una práctica económica y simple. Las limitaciones incluyen metales pesados, ocasional resistencia pública o la inutilidad de la tierra.

C O N T R O L E S A L S I S T E M A D E T R A T A M I E N T O .

Diagrama del laboratorio de control de calidad del Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas.



* Carbón Orgánico Total.

- 1.- Campana con Baño maría integrado.
- 2.- Aparato de digestión y destilación Kjendahl.
- 3.- Vitrina para material y reactivos.
- 4.- Regadera de presión.
- 5.- Balanzas analíticas.
- 6.- Analizador de Carbono Orgánico Total.
- 7.- Microscopios.
- 8.- Refrigerador.
- 9.- Incubadora.
- 10.- Campana de flujo laminar.
- 11.- Balanza granataria.
- 12.- Analizador de oxígeno disuelto.
- 13.- Potenciómetro.
- 14.- Turbidímetro.
- 15.- Autoclave vertical.
- 16.- Extinguidor.
- 17.- Mufla.
- 18.- Destilador de agua.
- 19.- Mesas de trabajo.
- 20.- Contador de colonias.
- 21.- Isla.

CONTROLES AL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

De conformidad con los términos del convenio celebrado entre la -----
 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el ejecutivo del --
 Estado de Morelos, conforme al cual el gobierno local fué autorizado --
 para realizar, a través de la Empresa para el Control de la Contamina_
 ción de las Aguas de la Zona de C.I.V.A.C., todas las actividades ten_
 dientes a prevenir, controlar y abatir la contaminación de las aguas --
 de esa zona, sus lugares aledaños y las poblaciones de Tlalhuapan y --
 Tejalpa del municipio de Jiutepec, Mor. siendo el cuerpo receptor la -
 Barranca de Puente Blanco en el municipio de Jiutepec, Mor., la descar_
 ga de aguas provenientes de la planta de tratamiento de la Empresa, --
 deberá cumplir con las siguientes condiciones particulares de acuerdo
 al artículo 23 del Reglamento para la Prevención y Control de la Conta_
 minación de Aguas:

Características.	El promedio mensual de las muestras com_ puestas diarias no excederá:	Ninguna muestra compuesta indi_ vidual excederá:
D.B.O. ₅	40 mg/ l	48 mg/ l
pH	-----	No será menor de 6 ni mayor de 9 unidades.
Temperatura.	-----	30 ^o C
Grasas y Aceites.	10 mg/ l	15 mg/ l
Sólidos suspendidos.	40 mg/ l	48 mg/ l
Coliformes Totales.	1,000 NMP/ 100 ml	2,400 NMP/ 100 ml

En cualquier muestra compuesta diaria, no se podrán exceder los si ____
 guientes valores:

As, 1.00 mg/ l. Ba, 6.00 mg/ l. Cd, 0.01 mg/ l. Cu, 0.1 mg/ l. Cr⁺⁶, -
 0.10 mg/ l. Hg, 0.01 mg/ l. Pb, 0.10 mg/ l. Se, 0.05 mg/ l. Cianuro,
 0.02 mg/ l. Fenoles, 1.00 mg/ l. Detergentes, 6.00 mg/ l.

Las condiciones particulares fijadas podrán modificarse después de 5 - años si la situación demográfica y ecológica lo requiere, excepto cuando se ponga en peligro la salud pública, en cuyo caso podrán modificarse en cualquier tiempo.

A continuación se mencionan las técnicas analíticas que se utilizarán para llevar a cabo el control mencionado.

Demanda Bioquímica de Oxígeno. La prueba analítica de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.), es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de aguas residuales, utilizando una población microbiana heterogénea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos que consiste en medir el oxígeno consumido por los organismos vivos (principalmente bacterias) al utilizar como alimento la materia orgánica presente en un desecho - en condiciones muy similares a las naturales. La degradación de la materia orgánica efectuada por los organismos antes mencionados en condiciones aeróbicas, es llevada hasta una oxidación completa; es decir, - dióxido de carbono, agua y amoniaco. Las reacciones oxidativas efectuadas en la prueba de la D.B.O. son el resultado de una actividad biológica; la velocidad a la cual se llevan a cabo estas reacciones está regulada por la población de microorganismos y la temperatura. Los efectos de la temperatura se controlan manteniendo la prueba a 20°C, temperatura que se ha calculado como el valor promedio de los cuerpos de aguas naturales. Los organismos responsables de la estabilización de la materia orgánica son de las especies naturales encontradas en el suelo. Para fines prácticos, la reacción se puede considerar completa a los -

20 días. Sin embargo un periodo de 20 días es grande para esperar resultados. Se ha encontrado por experiencia, que un porcentaje razonablemente grande de la D.B.O. total se logra en 5 días, siendo aproximadamente del 70 al 80% en aguas residuales domésticas y muchas industriales. Por consiguiente, el periodo de 5 días de incubación se ha aceptado como patrón. Todo organismo vivo, necesita del oxígeno en una u otra forma para mantener sus procesos metabólicos de los que obtiene energía para su crecimiento y reproducción.

Tanto el nitrógeno como el oxígeno están clasificados como gases poco solubles, y como no reaccionan químicamente con el agua su solubilidad está en función de sus presiones parciales de vapor, y de la temperatura a la cual se encuentra el agua. En general, existen 3 factores que afectan la concentración de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua natural, y son: la presión atmosférica, temperatura y salinidad o contenido de sólidos disueltos. La solubilidad del oxígeno atmosférico en agua dulce varía desde 14.6 mg/ l a 0°C hasta 7 mg/ l a 36°C bajo una atmósfera de presión. Este es un factor muy importante pues la oxidación biológica aumenta con la temperatura y por consiguiente la demanda de oxígeno; por otra parte, al ascender la temperatura el oxígeno es menos soluble. Debido a estas razones, la mayoría de las condiciones críticas relacionadas con la deficiencia del oxígeno disuelto ocurren durante los meses de verano, cuando la temperatura es alta. Por esta razón, se debe considerar un nivel de 8 mg/ l de oxígeno disuelto como mínimo durante las épocas críticas. La solubilidad de oxígeno atmosférico varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura y sigue el comportamiento de los gases ideales pudiéndose calcular por medio de la ley de Henry. La baja solubilidad del oxígeno en agua es el factor principal que limita la capacidad de autopurificación de las aguas na__

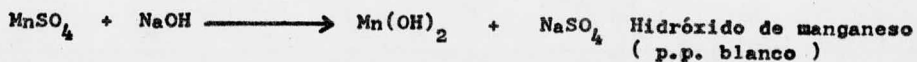
turales; de ahí la necesidad que existe de dar tratamiento a los -----
desechos líquidos tanto domésticos como industriales. En los desechos
líquidos, el oxígeno disuelto es el factor que determina el tipo de --
transformaciones biológicas que tienen lugar en su seno, efectuadas --
por microorganismos aerobios y anaerobios según haya o no presencia de
oxígeno disuelto. La demanda de oxígeno de las aguas residuales y de -
los efluentes de las plantas de tratamiento es debida a tres clases di
ferentes de materiales: 1) Material orgánico carbonoso utilizable como
fuente de alimento para los organismos aeróbios. 2) Nitrógeno oxidable
derivado de nitritos, amoniaco y compuestos de nitrógeno orgánico que
sirven como alimento a bacterias específicas (Nitrosomas y Nitrobacter)
3) Ciertos compuestos químicos reductores (fierro ferroso, sulfitos,
sulfuros y aldehidos) que reaccionan con el oxígeno disuelto.

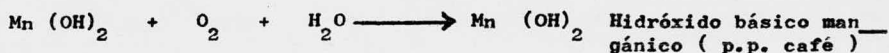
En aguas residuales domésticas gran parte de la demanda de oxígeno se
debe a la primera clase de materiales. En efluentes tratados biológica__
mente, una proporción considerable de la demanda de oxígeno puede de__
berse a la oxidación de los compuestos de la segunda clase. Los mate__
riales existentes en la clase No 3, no pueden ser incluidos en la ----
prueba de la D.B.O. pero pueden tomarse en cuenta. En las plantas de -
tratamiento de aguas residuales tanto domésticas como industriales, se
emplea mucho el análisis de la D.B.O. como un parámetro en el control
de la efectividad del tratamiento. Las principales fuentes de contamina
ción responsables de aumento en la D.B.O. de los cuerpos de agua, son:
además de las urbanas, las industrias cerveceras, textiles, papeleras,
empacadoras e ingenios azucareros. Se ha establecido que la simetría -
de la reacción de la D.B.O. de es primer orden porque la velocidad de
la reacción es proporcional a la cantidad de materia orgánica oxidable
remanente y es modificada por la población de organismos activos.

Una vez que la población de organismos ha alcanzado un nivel de crecimiento en el cuál se presentan sólo pequeñas variaciones, la velocidad de la reacción se controla por la cantidad de alimento utilizable por los microorganismos.

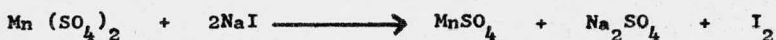
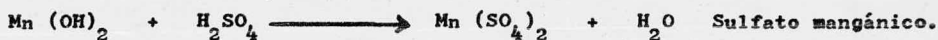
Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La detrmínación de la D.B.O., se basa en las detrmínaciones de oxígeno disuelto a diferentes intervalos de tiempo; consecuentemente, la exactitud de los resultados se ve afectada grandemente por el cuidado al efectuar el análisis. El procedimiento usual recomienda que la temperatura de incubación debe mantenerse constante (20°C aproximadamente) y en el caso de usar una alicuota, el agua de dilución debe aerearse previamente con el fin de que el contenido de gases disueltos sea constante (cercano al punto de saturación). Se llenan 2 o más botellas para D.B.O. con la muestra, en caso necesario, se añade agua de dilución. Se detrmína el oxígeno disuelto inmediato al menos a una botella y las otras se incuban a 20°C durante 5 días. Después de éste tiempo, se les determina la cantidad de oxígeno disuelto remanente; la D.B.O., será igual a la cantidad de oxígeno disuelto inicial menos el oxígeno disuelto al quinto día, dividido entre el porcentaje de dilución (en decimales). Para fijar el oxígeno se adiciona a las botellas de D.B.O. que contiene la muestra, 2 ml de sulfato manganoso ($MnSO_4$); a continuación se agregan 2 ml del reactivo álcali yoduro, que es una solución de hidróxido de sodio ($NaOH$) y yoduro de sodio (NaI). Al hacer esta adición, se forma un precipitado café si hay oxígeno disuelto; -- en el caso contrario el precipitado será blanco. Las reacciones que se llevan a cabo hasta este punto, son las siguientes:

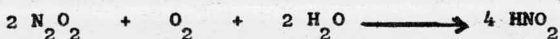




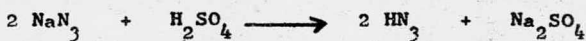
Una vez agregado el álcali yoduro se tapa la botella de D.B.O. rápidamente y se agita vigorosamente durante 30 sg, después de lo cual se deja sedimentar el precipitado. Finalmente se adicionan 2 ml de ácido sulfúrico concentrado y se agita hasta la total disolución del precipitado. Con ésto, el oxígeno disuelto queda fijado. Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



Existe un gran número de interferencias en éste método; todo tipo de - agentes oxidantes o reductores, iones nitrato, iones ferrosos y materia orgánica. Se han desarrollado varias modificaciones al método Winkler original con el fin de eliminar o compensar las interferencias. Por lo general todas las aguas contienen compuestos nitrogenados, los cuales alteran los resultados, efectuandose las siguientes reacciones:



Esta liberación de yodo altera el valor dando resultados falsos. Para evitar el error anterior se usa la modificación de la azida al método de Winkler. Esta modificación consiste en agregar azida de sodio (Na N_3) al reactivo álcali yoduro, para formar el álcali yoduro nitruro. La azida impide la interferencia de los compuestos nitrogenados de la siguiente fórma:



La titulación se efectúa con tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.025 N, usando una solución de almidón como indicador.

Cálculos :

$$\text{p.p.m. de oxígeno disuelto} = \frac{\text{ml de tiosulfato} \times N \times \text{Eq} \times 1,000}{\text{Vol de la muestra (ml)}}$$

Donde: N = Normalidad del tiosulfato. Eq = Peso equivalente del O_2

Corrección por adición de reactivos: Reactivos agregados = 4 ml (2 ml de sulfato manganoso + 2 ml de álcali yoduro nitruro) en 300 ml de -- muestra original. Si se pipetea 100 ml de muestra:

$$\frac{300}{300 - 4} \text{ ----- } \frac{100}{x} \quad x = 98.7 \text{ ml}$$

Sustituyendo y rectificando el volumen de muestra:

$$\text{p.p.m. de oxígeno disuelto:} = \frac{\text{ml de tiosulfato} \times 0.025 N \times 8 \times 1,00}{98.7}$$

$$\text{Factor constante:} = \frac{0.025 \times 8 \times 1,00}{98.7} = 2.03$$

$$\text{p.p.m. de oxígeno disuelto} = \text{ml de tiosulfato} \times 2.03$$

La determinación electrométrica del oxígeno disuelto se recomienda para aquellas muestras que contienen materiales que interfieren con el método Winkler modificado tales como sulfitos, tiosulfato, mercaptanos, -- cloro libre, hipocloritos, sustancias orgánicas fácilmente hidrolizables en soluciones alcalinas, color intenso o turbiedad, flóculos biológicos, etc.

Método directo. Este método se emplea en muestras cuya D.B.O. no -- excede de 7 mg/ l y que por consiguiente no es necesario diluir. El -- procedimiento usual es llevar la muestra a 20°C aproximadamente, y a -- rearla con aire comprimido para tener oxígeno disuelto hasta casi el -- punto de saturación. Se llenan 2 o más frascos para D.B.O. con la mues -- tra y por lo menos uno de ellos se analiza inmediatamente para determi -- nar oxígeno disuelto inmediato (O.D.I.) y los otros frascos se incu --

ban por 5 días a 20°C. Después se determina la cantidad de oxígeno disuelto remanente en las muestras incubadas. La D.B.O. en 5 días se determina restando los resultados obtenidos al quinto día de los obtenidos al primer día.

Método de dilución. Este método se basa en el concepto fundamental de que la velocidad de degradación bioquímica orgánica es directamente proporcional a la cantidad de material no oxidado.

Las diluciones recomendadas son las siguientes:

Tipo de desecho.	D.B.O. ₅ mg / l	% de dilución.
Desecho industrial concentrado.	500 a 5,000	0.1 a 1.0
Aguas residuales domésticas.	100 a 500	1.0 a 5.0
Efluentes tratados	20 a 100	5.0 a 25
Aguas superficiales contaminadas.	5 a 20	25.0 a 100

Cálculos. Método directo:

$$D.B.O._5 \text{ mg/ l} = (DIOD \text{ mg/ l} - OD \text{ mg/ l})$$

DIOD = Demanda inmediata de oxígeno disuelto.

OD = Determinación de oxígeno disuelto después de 5 días de incubación.

Método de dilución:

$$D.B.O._5 \text{ mg/ l} = \frac{DIOD \text{ mg/ l} - OD \text{ mg/ l al 5o día}}{\% \text{ de dilución en decimales.}}$$

Corrección de demanda inmediata de oxígeno disuelto.

Algunos desechos industriales contienen sustancias reductoras como sulfuros, sulfuros, fierro ferroso y aldehídos, que ocasionan una demanda química inmediata de oxígeno disuelto. Es necesario distinguir entre las 2 demandas para llegar a la verdadera demanda bioquímica. En este

caso, se deberá sembrar una botella adicional para determinar el -----
 Oxígeno disuelto después de 15 minutos de siembra; este tiempo ha sido
 seleccionado arbitrariamente.

D.B.O.₅ = Demanda total - DIOD

Demanda total = Oxígeno disuelto inicial - Oxígeno disuelto final.

DIOD = Demanda Inmediata de oxígeno disuelto.

DIOD = Oxígeno disuelto inicial - Oxígeno disuelto después de 15 min .

POTENCIAL HIDROGENO. La determinación de la concentración de iones -
 hidrógeno, a través del conocimiento del pH, es una práctica muy valios
 sa. En un sistema de abastecimiento de agua, el pH influye en los proce
 sos de coagulación química, desinfección, ablandamiento y control --
 de la corrosión. En los procesos biológicos de tratamiento de aguas --
 residuales debe ser mantenido dentro de cierto ámbito que sea favorable
 a los microorganismos comprendidos en el sistema. La alteración del
 pH en un ecosistema puede causar la muerte de peces y esterilizar una
 corriente acuosa natural; las aguas de pH bajo, pueden aumentar la corr
 osión de las estructuras de acero o concreto; los procesos químicos
 para secar los lodos o para oxidar ciertas sustancias como el ion ciani
 nuro, requieren de un control de pH dentro de límites estrechos. Por -
 estas razones y debido a las relaciones fundamentales que existen entre
 pH, acidez y alcalinidad, es muy importante comprender tanto los
 aspectos teóricos como prácticos de pH. Mientras que los términos alcali
 nidad y acidez indican la reserva total o capacidad amortiguadora
 de una muestra, el valor del pH representa la actividad instantánea del
 ion hidrógeno.

Detrminación del pH. Se han sugerido varios tipos de electrodos para
 la determinación electrométrica del pH. Aunque se reconoce al electrodo



de hidrógeno como patrón primario, actualmente se utiliza el potenciómetro con un electrodo de vidrio y otro de calomel como electrodos de referencia. El electrodo de referencia asume un potencial constante, - en tanto que el de medición (electrodo de vidrio), genera un potencial que depende del pH de la muestra. Esta diferencia de potencial sensible al pH, es amplificada y medida sobre una escala preparada, Tanto para medir el pH como la fuerza automotriz en milivolts, producida en la cadena electroquímica respectiva.

TEMPERATURA. Esta propiedad termodinámica influye notablemente en --- muchas de las características físicas, químicas y biológicas de los -- cuerpos de agua. Por esto es importante su determinación en cualquier - intento por evaluar la calidad de las aguas. Su importancia puede re__ sumirse en los siguientes aspectos: a) Es un factor importante en el - ciclo hidrológico; influye principalmente en los procesos de evaporación transpiración y condensación. b) La temperatura de los cuerpos de agua influye directamente en los procesos de autopurificación de los desechos vertidos. c) La temperatura, tanto del agua como del aire, y otros --- factores climatológicos, gobiernan la disipación del calor de los cuer__ pos de agua, lo cual es de especial importancia cuando éstos se encuen__ tran sujetos a descargas térmicas. d) La temperatura del agua es impor__ tante para la conservación de la vida acuática. e) Parámetros físicos y químicos de importancia, tales como la densidad, conductividad y pH se ven afectados por las variaciones de temperatura. La temperatura, - juega sin duda un papel fundamental en la autopurificación de los de__ sechos orgánicos; afectando simultáneamente la rapidéz de estabiliza__ ción de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuel__ to y la rapidés de aereación.

Efecto de la temperatura en el nivel de saturación del oxígeno disuelto.

La solubilidad del oxígeno en el agua está en función de su presión -- parcial y temperatura. Las leyes de Henry y Dalton pueden emplearse -- para calcular la cantidad de oxígeno presente en el estado de satura-- ción a una temperatura dada. A presión atmosférica constante, el nivel de saturación del oxígeno disuelto disminuye al aumentar la temperatura pero también se incrementa la D.B.O. con lo que la capacidad de auto-- purificación del agua se ve seriamente obstaculizada.

Efecto de la temperatura en la rapidés de aereación. La aereación es el mecanismo por el cual los cuerpos de agua pueden dotarse de oxígeno to-- mandolo de la atmósfera. Dos mecanismos gobiernan el proceso de aerea-- ción: el de disolución y el de difusión. El primero actúa hasta saturar con oxígeno una película de agua en la interfase aire agua. El segundo actúa transfiriendo el oxígeno disuelto a partir de esta zona a mayores profundidades.

Al aumentar la temperatura se incrementa la rapidés de difusión del -- oxígeno disuelto a través de la profundidad del cuerpo de agua. Sin -- embargo, como la capacidad de disolución del oxígeno de la atmósfera, se reduce al disminuir la capacidad de saturación, el efecto conjun-- to culmina generalmente en una condición adversa.

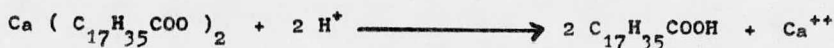
Procedimiento. El equipo normal consta de un termómetro de mercurio con un ámbito aproximado de 0 a 100^oC. Esto es suficiente para muchos fines generales. La escala debe estar subdividida en 0.5^oC o en 1^oC con el -- fin de facilitar la lectura.

GRASAS Y ACEITES. El término grasas y aceites se aplica a una amplia variedad de sustancias orgánicas con características especiales. Estas características se refieren a su baja solubilidad en agua y a su ten-- dencia a formar películas finas en la superficie de la misma. También se les conoce como aquellas sustancias que son extraíbles de una solu-- ción o suspensión acuosa mediante un disolvente orgánico, quedando ---

comprendidos principalmente, los hidrocarburos, esterés, aceites, ceras y ácidos orgánicos de elevado peso molecular. Se ha seleccionado el hexano como disolvente orgánico en esta determinación debido a que disuelve todas las sustancias asociadas con el término "grasas y aceites" y tiene un poder de solución mínimo con otros compuestos orgánicos.

Particularmente se clasifica como grasa, a aquellos aceites, ceras, grasas y ácidos grasos de alto peso molecular que en condiciones naturales y a temperatura ambiente están en estado sólido. El término aceite, representa una amplia variedad de hidrocarburos de elevado y bajo peso molecular, de origen mineral, que abarca desde gasolina hasta combustibles y aceites lubricantes. Los aceites y grasas pueden estar presentes en el agua como una emulsión de residuos industriales o fuentes similares, o en solución como una fracción ligera del petróleo. Las grasas y aceites se producen como contaminantes en cantidades considerables en las refinerías de petróleo, industrias petroquímicas, empaques de carne, rastros, procesadoras de semillas de algodón y otras oleaginosas, procesadoras de leche y en las operaciones de carga y descarga de los barcos petroleros así como de la limpieza de sus tanques. Son diversos los problemas ocasionados por las grasas y aceites, todos originados por su baja solubilidad en el agua y su tendencia a formar películas muy finas en la superficie, misma que interfiere en la transferencia de oxígeno atmosférico, lo que es indispensable tanto para la autopurificación de los cuerpos naturales de agua, como en los sistemas de tratamiento biológico. En el tratamiento de lodos activados, la grasa generalmente se acumula en "bolas de grasa" impartiendo un aspecto desagradable a los tanques de sedimentación final. En los sistemas de alcantarillado causan problemas por taponamiento de las alcantarillas. Además, las grasas y aceites imparten sabor y olor desagradables al agua, y afecta el sabor de los peces de consumo humano.

Método de análisis. En la determinación de grasa, no se determina ---- cuantitativamente una sustancia específica, sino grupos de sustancias con características físicas similares, principalmente su solubilidad - en el disolvente usado. En este método las muestras se acidulan con - ácido clohídrico a un pH aproximado de 1.0 para liberar los ácidos gra- ácidos, que se presentan principalmente en forma de jabones de calcio y - magnesio, los cuales son insolubles en hexano. La reacción comprendida puede representarse por la siguiente ecuación:



La grasa se separa de la muestra líquida por filtración y se extrae en un aparato Soxhlet. El residuo remanente después de la evaporación del hexano, se pesa para detrmnar el contenido de grasa de la muestra. -- Los compuestos que se volatilizan a 103°C o antes, se pierden cuando se seca el filtro.

Interferencias: El método es totalmente empírico y se pueden obtener resultados reproducibles sólo apegándose estrictamente a todos los --- detalles. Por definición, cualquier material recolectado se llama gra- sa y cualquier sustancia filtrable soluble en hexano, como el caso del azúfre elemental y ciertos colorantes orgánicos, se extrae como grasa. SOLIDOS SUSPENDIDOS. La definición usual de sólidos se refiere a la ma- teria que permanece como residuo después de evaporar y secar a 103° --- 105°C la muestra de agua. Todos los materiales que ejercen una presión de vapor significativa a tales temperaturas, se pierden durante los pro- cesos de evaporación y secado. El residuo remanente representa sólo -- aquellos materiales de la muestra que tienen una presión de vapor insig- nificante a 105°C. Debido a la amplia variedad de materiales inorgáni- cos y orgánicos encontrados en los análisis de sólidos, las pruebas --

son de carácter empírico y relativamente simples para efectuarse. ---- La naturaleza química y física del material en suspensión, el tamaño de poro del filtro, el área y espesor del borde del filtro y la cantidad y estado físico de los materiales depositados en él, son los principales factores comprendidos. Por tanto, las determinaciones de sólidos no están sujetas a los criterios usuales de exactitud. La temperatura a la cual se seca el residuo tiene una relación importante en los resultados puesto que la pérdida de peso debida a volatilización de la materia orgánica, el agua mecánicamente absorbida, el agua de cristalización y los gases de la descomposición química producida por el calor, así como el peso ganado debido a la oxidación, dependen de la temperatura y del periodo de calentamiento. En casi todas las determinaciones de sólidos se usan métodos gravimétricos, en los cuales los resultados finales se obtienen por medio de la balanza analítica, y es por esto que debe tenerse cuidado especial en el tarado de las cápsulas de porcelana y los crisoles Gooch usados en éstos análisis.

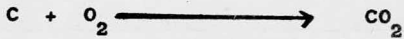
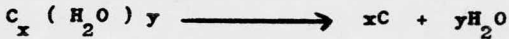
SOLIDOS TOTALES. Este método se aplica a la totalidad del material que queda en un recipiente tarado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y el subsecuente secado a una temperatura definida. Las determinaciones de sólidos totales son ordinariamente de escaso valor en los análisis de aguas contaminadas y aguas residuales domésticas debido a que es difícil su interpretación con exactitud. Algunos procesos de tratamiento de aguas residuales, particularmente aquellos que comprenden la sedimentación, son afectados por cambios radicales en la densidad del agua residual.

SOLIDOS SUSPENDIDOS. La determinación de sólidos suspendidos es extremadamente valiosa en los análisis de aguas contaminadas de aguas residuales. Es uno de los mejores parámetros usados para valorar la concentra

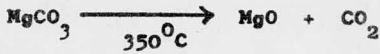
ción de las aguas residuales domésticas y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. En el trabajo de control de la contaminación de corrientes, se considera que todos los sólidos suspendidos son sedimentables, no siendo el tiempo un factor determinante. La sedimentación se espera tenga lugar a través de la floculación biológica y química; de aquí que la medida de sólidos suspendidos se considere tan significativa como la Demanda Bioquímica de Oxígeno. La determinación de sólidos suspendidos está sujeta a errores considerables si no se toman las precauciones adecuadas. Usualmente el tamaño de la muestra es de 50 ml o menos, debido a las dificultades encontradas para -- filtrar muestras mayores. El peso de los sólidos removidos raras veces excede de 20 mg, y a menudo es menor de 10 mg. Pequeños errores en la pesada o pérdidas en el borde del filtro pueden ser bastante significativos. Es muy importante que los crisoles Gooch sean cuidadosamente -- preparados y llevados a peso constante antes de usarse. Para obtener una mayor exactitud es necesario filtrar una mayor cantidad de muestra. En aguas tratadas biológicamente o ligeramente contaminadas, a menudo es necesario filtrar 500 ml de muestra para producir un aumento de peso de 10 mg de sólidos.

SOLIDOS VOLATILES Y FIJOS. Uno de los principales objetivos para efectuar estas determinaciones en aguas residuales domésticas e industriales y en muestras de lodos, es obtener una medida de la cantidad de -- materia orgánica presente. Esta prueba consiste en convertir la materia orgánica a CO_2 y H_2O por medio de la combustión de la muestra de agua. La temperatura es controlada para prevenir la descomposición y volatilización de las sustancias inorgánicas. La pérdida de peso se -- interpreta en términos de materia orgánica. El procedimiento es llevar la calcinación a 550°C . A temperaturas inferiores de esta la materia -

orgánica particularmente residuos de carbón resultante de la pirólisis de carbohidratos pueden oxidarse a una velocidad razonable.



Por consiguiente, a 550°C la descomposición de las sales inorgánicas se reduce. Cualquier compuesto de amonio no liberado durante el secado, se volatiliza pero la mayoría de las demás sales inorgánicas son relativamente estables, con excepción del carbonato de magnesio, como se muestra en la siguiente reacción:



En la determinación del contenido volátil de sólidos suspendidos las sales inorgánicas disueltas no se consideran, debido a que se eliminan durante el proceso de filtración. En análisis de lodos los compuestos de amonio existentes como carbonato de amonio principalmente, se volatilizan completamente durante la evaporación y secado, no interfiriendo con la determinación de sólidos volátiles.



Otras sales inorgánicas inestables, presentes en lodos están normalmente en tan pequeñas cantidades con relación a la cantidad de sólidos totales, que usualmente se ignora su influencia. Se pueden producir errores serios en la determinación de sólidos volátiles cuando no se controlan las temperaturas de calcinación. EL $CaCO_3$ se descompone a temperaturas superiores a los 825°C siendo uno de los componentes principales de las sales inorgánicas normalmente encontradas en las muestras para análisis de sólidos volátiles, pudiendo ocasionar su descomposición errores significativos. Si la calcinación se efectúa adecuadamente, la pérdida de peso es una medida razonablemente exacta de

la materia orgánica y el residuo remanente o ceniza representa los --- sólidos fijos.

Cálculos.

La diferencia entre el peso del crisol antes de filtrar (A) y el peso del crisol después de filtrar (B), da el peso en gramos de los --- sólidos suspendidos totales.

$$\text{mg/ l S.S.T.} = \frac{(B - A) \times 1,000}{\text{ml de muestra}} = D$$

La diferencia entre el peso del crisol después de filtrar la muestra - (B) y el peso del crisol después de calcinarse (C) da el peso en - gramos de la pérdida por calcinación o sólidos suspendidos volátiles.

$$\text{mg/ l S.S.V.} = \frac{(B - C) \times 1,000}{\text{ml de muestra}} = E$$

Los sólidos suspendidos totales menos los sólidos suspendidos volátiles, dan los sólidos suspendidos fijos.

$$\text{mg S.S.F.} = D - E$$

COLIFORMES TOTALES. Objetivos del análisis bacteriológico:

- 1.- Conocer el grado de contaminación de las aguas, por desechos de origen animal o relacionado con condiciones sanitarias precarias de los pueblos.
- 2.- Calificar la calidad sanitaria del agua y tener el control de la misma sometida a previo tratamiento.
- 3.- Fijar las normas de calidad referentes al número de bacterias permisibles, dependiendo del uso o usos a que se destine el agua.
- 4.- Conocer la recuperación de los cauces dañados por aguas residuales.

Indicadores de contaminación:

Los análisis bacteriológicos que se practican, generalmente están encaminados a la obtención y determinación de microorganismos cuya presencia indique contaminación por aguas residuales domésticas y aguas -

residuales agrícola ganaderas.

Propiedades de un indicador bacteriológico de contaminación fecal:

- 1.- Ser de origen animal (del aparato digestivo).
- 2.- Estar presente en el agua, cuando los patógenos están presentes.
- 3.- No reproducirse en el agua.
- 4.- Su densidad debe tener relación directa con el grado de contaminación fecal.
- 5.- Mayor supervivencia en el agua que los patógenos entéricos.
- 6.- Desaparición rápida posterior a los patógenos.
- 7.- Siempre ausentes en aguas bacteriológicamente seguras.
- 8.- Requerir de técnicas sencillas para su identificación.

Grupos indicadores de contaminación:

Los análisis bacteriológicos no permiten el aislamiento de organismos patógenos debido principalmente a las siguientes razones:

- a.- Los gérmenes patógenos no sobreviven en el agua durante mucho tiempo
- b.- Si existen en número reducido es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Coliformes totales.

Señ bacilos cortos, no esporulados aeróbios y anaeróbios facultativos, gram negativos, que fermentan la lactosa con producción de gas y acidéz a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en 48 hrs.

Ventajas del grupo coliforme como indicador de contaminación:

- 1.- Su ausencia es evidencia de un agua bacteriológicamente segura.
- 2.- Los coliformes se presentan en mucho mayor número que los microorganismos patógenos de origen intestinal.
- 3.- Los coliformes están siempre presentes en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente y son eliminados en gran número en las heces fecales.

4.- Los coliformes persisten más en el desarrollo acuático que las --- bacterias patógenas de origen intestinal.

5.- Pueden ser determinados por técnicas sencillas.

Limitaciones:

1.- Algunos constituyentes del grupo coliforme tienen una extensa ---- distribución en el ambiente.

2.- Las pruebas están sujetas a interferencias debido a otras especies de bacterias, como las pseudomonas. (dan resultados iguales a los de los coliformes fecales).

3.- Algunas especies pueden multiplicarse en ciertas aguas como A. aeró genes.

4.- Porque en los problemas de multiplicación ocasional, el grado de - contaminación es difícil de evaluar.

Técnicas de identificación del grupo coliforme: Técnica de tubos de -- fermentación múltiple:

Para usar la técnica del N.M.P. (número más probable) se utilizan -- series de tubos, los cuales constan de 3 diluciones por lo menos (10, 1, 0.1 ml) y por cada dilución debe haber de 3 a 5 tubos. Haciendose las siguientes pruebas:

1o- Prueba presuntiva.

2o- Prueba confirmativa.

3o- Prueba alternativa.

4o- Prueba complementaria.

METALES PESADOS.

La toxicidad característica de los metales pesados hace imprescindible el control de su concentración en el efluente de cualquier planta de - tratamiento de aguas residuales, además de que altas concentraciones - de éstos en el agua a tratar puede causar problemas en un tratamiento

biológico. De allí que se busque una técnica analítica rápida, exacta y lo más confiable posible.

Técnica de análisis. Espectrofotometría de absorción atómica.

Esta técnica es un método relativamente nuevo, pero cada día adquiere mayor popularidad, debido a su versatilidad para la cuantificación de la mayoría de los metales presentes en el agua. Para esto, se contará con un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz. Esta técnica se basa en hacer pasar un haz de luz de una longitud de onda seleccionada (correspondiente al metal que se desea cuantificar), por el accesorio de emisión de flama (debidamente calibrado y calentado), - el cual tiene por objeto lograr (por medio de la flama), la excitación de los átomos de la muestra inyectada en éste. Con esto se logra que - al pasar el haz de luz proveniente de la lámpara del metal seleccionado, sobre la flama, con los átomos de la muestra excitados, éstos absorban la energía del rayo, midiendo así el espectrofotómetro, la diferencia de energías entre el rayo estandar y del rayo que ha pasado sobre la flama que contiene la muestra excitada. Así, la concentración es leída directamente, ya que el aparato consta de lectura digital.

FENOLES. El fenol, derivado monohidroxiado del benceno, es ampliamente usado como desinfectante, y en la síntesis de productos orgánicos, particularmente de resinas del tipo fenólico. Se presenta como componente natural de las aguas residuales de las industrias del petróleo, gas de alumbrado, plantas de coque y de procesos que comprenden el uso del fenol como materia prima. El término "fenoles" incluye una mezcla de derivados del fenol, como: fenoles orto, meta y para sustituidos. - El porcentaje de composición de los diversos compuestos fenólicos presentes en una muestra dada, es impredecible. Por tanto, es obvio que una solución patrón que contenga una mezcla de fenoles no puede ser -

aplicable a todas las muestras. Por esta razón, el fenol propiamente dicho ha sido seleccionado como un patrón y cualquier color producido por la reacción de otros compuestos fenólicos se reporta como fenol. Entre las principales fuentes de contaminación de este tipo de compuestos, tenemos las industrias de aluminio, automotriz, de compuestos químicos orgánicos, refinación de petróleo, materiales plásticos y sintéticos, papel y del acero. Los fenoles son ideseables en abastecimientos de agua para las industrias alimenticias y de bebidas, debido a los problemas de sabor y olor resultantes de su presencia. En suministros de agua doméstica, la ingestión de agua contaminada con fenol, produce dolores, irritación renal, convección y en algunas ocasiones, puede causar la muerte, aunque la posibilidad de ésto suceda, es remota ya que hasta en concentraciones muy bajas, los fenoles imparten al agua un sabor tan desagradable que no es probable que se consuman cantidades perjudiciales sin darse cuenta. La dosis que puede considerarse letal es de 1.5 g. La remoción de los olores provocados por el fenol, es un serio problema en las plantas de tratamiento. Para resolverlo, se hace uso de procesos como: supercloración, tratamiento con dióxido de cloro, o cloro amoniáce, ozonización, y adsorción con carbón activado. También es importante el control de la cantidad de fenoles en los cuerpos de agua, por su acción tóxica sobre los peces y otros organismos acuáticos y por el saber desagradable que imparten a la carne de pescado.

Método de análisis. Los métodos analíticos para la determinación de fenoles, incluyen técnicas turbidimétricas, colorimétricas, infrarojos, ultravioleta y cromatográficas. De éstas, los métodos colorimétricos son los más ampliamente usados debido a su versatilidad y relativo bajo costo. El método de la 4-aminoantipirina con extracción es el más simple

y sensible ya que es capaz de detectar 1 g/ l de fenol como tal. -----

Este método determina fenol, fenoles orto y meta sustituidos y en condiciones adecuadas de pH, aquellos fenoles para sustituidos en los que la sustitución es un carboxilo halógeno o grupo del ácido sulfónico. -

Interferencias. Las aguas residuales domésticas e industriales, pueden contener interferencias tales como bacterias que degradan los fenoles, sustancias oxidantes y reductoras y valores alcalinos de pH. La degradación bacteriana se inhibe con la adición de sulfato de cobre a la muestra. La acidificación con ácido fosfórico asegura la presencia del ion cobre y elimina posibles cambios químicos resultantes de la presencia de condiciones alcalinas fuertes. Algunas de las principales interferencias, se pueden eliminar de la manera siguiente:

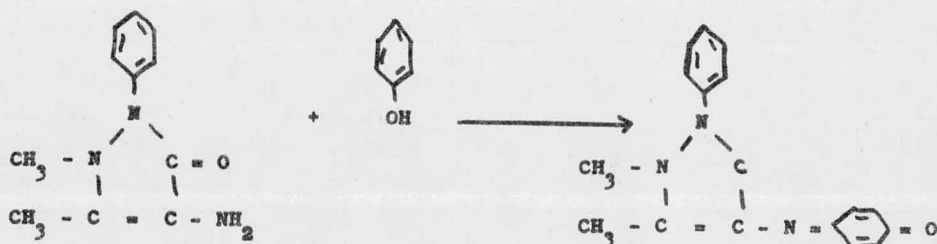
1.- Los agentes oxidantes como el cloro, y los detectados por liberación de iodo al acidular en presencia de ioduro de potasio, se remueven inmediatamente después del muestreo por la adición de un exceso de sulfato ferroso o de arsenito sódico. Si los agentes oxidantes no son removidos los compuestos fenólicos serán oxidados parcialmente y los resultados serán bajos.

2.- Los compuestos de azufre se remueven acidulando la muestra a un pH menor de 4.0 con ácido ortofosfórico (H_3PO_4) usando anaranjado de metilo como indicador o un potenciómetro y aereando brevemente con agitación antes de la adición de sulfato de cobre. Esto debe eliminar las interferencias de ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de azufre.

3.- Los aceites y breas contiene fenoles, por tanto, se requiere una extracción alcalina antes de la adición de sulfato de cobre. El pH de la muestra se ajusta a 12 - 12.5 por la adición de lentejas de hidróxido de sodio. El aceite y la brea, se extraen de la solución acuosa con tetracloruro de carbono. Cualquier exceso de tetracloruro en la --

fase acuosa, se remueve calentando a baño María antes de proseguir --- con la destilación. En general, todas las interferencias se eliminan o se reducen a un mínimo con una destilación preliminar.

Los fenoles destilables reaccionan con la 4-amino antipirina a pH de 10 ± 0.2 , para reducir la interferencia de la anilina y de otras aminas aromáticas y en presencia de un agente oxidante (ferrocianuro de potasio) para formar un colorante de antipirina. Este colorante se extrae con cloroformo y se mide la absorbancia a 460 milimicras. El fenol es más sensible y todos los resultados se reportan en términos de fenol. Este método cubre un ámbito de concentración de fenol de 0.0 a 1,000 microgramos por litro. La reacción que se efectúa, es la siguiente:



DETERGENTES.

Los detergentes son sustancias que tienen la propiedad de reducir la tensión superficial del líquido en el cual se encuentran disueltos, -- de modo que éste adquiere mayor poder de penetración a través de los poros de ciertos materiales, a la vez que se extiende más fácilmente en la superficie de los cuerpos en los que se aplica. A partir de 1945 los detergentes sintéticos han tenido gran aceptación debido a que son afectados por las sales minerales contenidas en las aguas duras, además de tener elevado poder humectante y precio moderado. Los detergentes -- contienen de 20 a 30% de una sustancia activa llamada surfactante o -- agente tensoactivo y de 70 a 80% de aditivos que sirven para aumentar las propiedades del detergente. Entre los aditivos más comunes están --

los siguientes: Tripolifosfato de sodio, 25 - 50%. Sulfato de sodio, -- 5 - 10%. Silicato de sodio, 2 - 10%. Blanqueadores ópticos, trazas. -- En general, la molécula del surfactante presenta una cadena polar alifática que es hidrofílica (soluble en agua) y una aromática que se caracteriza por ser hidrofóbica (insoluble en agua). A esta dualidad en la naturaleza de la molécula se deben las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes. Grupos hidrofóbicos: Acidos grasos, parafinas, olefinas, alcohol bencenos, alcoholfeneles, polioxipropilenos. Grupos hidrofílicos: Carboxilatos, sulfatos, sulfuatos, hidroxilos y amino cuaternario.

Si bien todos los detergentes se degradan por un ataque biológico, el grado de descomposición se relaciona con su estructura química. Así, - las ramificaciones en la cadena alcoholica del surfactante ABS (sulfunato de alcohol benceno) causan un retardo definitivo en su degradación. Esta resistencia persiste aún del tratamiento biológico normal. Los efluentes de las plantas de tratamiento de lodos activados, presentan una degradación del 50% en el ABS y un 90% en el LAS (sulfonato de alcohol lineal) en relación al influente. Entre las dificultades causadas por un alto contenido de detergente en las aguas, tenemos:

- 1.- Espuma.- Desde el punto de vista estético es indeseable la formación de espuma en los cuerpos de agua. En plantas de tratamiento provoca -- problemas de operación, oculta los equipos de control y recubre las -- superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos. También dificulta - la dilusión y difusión del oxígeno atmosférico en el agua.
- 2.- Toxicidad.- No es posible dar un valor como límite de toxicidad de bido a que los seres vivos presentan sensibilidades variables a los -- efectos de los detergentes, aún dentro de la misma especie. Por otra -

parte, la sensibilidad o resistencia varía de acuerdo al ciclo de ---- vida, el tamaño de organismos y los factores físicos del medio ambiente. Sin embargo, la toxicidad de los surfactantes representa un serio peligro a la flora y faunas acuáticas, además de al utilizar agua conteniendo detergentes para irrigación, pueden contaminar los suelos y por consiguiente los cultivos.

3.- Eutroficación.- Los detergentes presentan un alto contenido de fosatos los cuales son nutrientes por lo que su presencia provoca una sobre población de la flora acuática, la cual al morir sufre una acción degradativa microbiana, ocasionando una mayor demanda de oxígeno que perjudica a la fauna y al propio cuerpo de agua.

4.- Entre otros efectos secundarios producidos en el proceso de tra____tamiento de aguas residuales, se pueden mencionar: cambios en la ---- demanda bioquímica de oxígeno, en los sólidos suspendidos, efectos corrrosivos en algunas partes de la planta de tratamiento, interferencias en el proceso de cloración y en la determinación de oxígeno disuelto. Algunos aditivos usados en los detergentes pueden interferir en la formación de flóculos.

Método de análisis. Como el surfactante más comúnmente usado en la fabricación de detrgentes es el ABS (sulfonato de alcohol benceno), es el que con mayor probabilidad se puede encontrar en las aguas crudas de los abastecimientos. Por esta razón se ha seleccionado como el compuesto patrón para los métodos de análisis. Las aguas residuales, efluentes de plantas de tratamiento y aguas contaminadas, normalmente contienen gran cantidad de sustancias que interfieren en la determinación de los surfactantes por lo que es difícil de obtener un valor exacto de éstos, pero con los mismos métodos se puede tener una estimación aproximada. Cuando se tienen concentraciones de ABS alrededor de 1 mg/ l se -

recomienda usar el método de azul de metileno, pero en concentraciones mayores es muy importante que se conozca cuanto representa el ABS y cuánto las interferencias, recomendándose entonces la determinación infraroja. La principal desventaja de este último método en comparación con los otros es que su procedimiento es bastante complicado y -- demanda mucho tiempo, además del elevado costo del equipo.

Método de azul de metileno.

Este método depende de la formación de una sal colorida azul cuando -- reacciona el azul de metileno con los surfactantes. La sal es soluble en cloroformo y la intensidad del color es proporcional a su concentración. La intensidad se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 625 nanómetros. Este método es aplicable a un rango de 0.025 a 100 mg/ l de ABS.

Interferencias. Cuando se determina el ABS en aguas, los errores positivos son más comunes que los negativos. Entre las interferencias positivas se tienen los sulfatos orgánicos, sulfonatos, carboxilatos, fosfatos y fenoles que forman complejos con el azul de metileno lo mismo -- que los cianatos, cloruros, nitratos y tiocianatos inorgánicos, que -- forman pares de iones con el azul de metileno ocasionando interferencias positivas. Materiales orgánicos especialmente aminas pueden causar bajos resultados.

NITROGENO ORGANICO.

El nitrógeno orgánico incluye el nitrógeno de los aminoácidos, aminas, amidas y nitroderivados. En las aguas residuales domésticas está en -- forma de proteínas o sus productos de degradación: polipéptidos y ---- aminoácidos. La mayoría de los compuestos orgánicos que contienen nitrógeno producen amoniaco al ser oxidados. El método Kjeldahl emplea -- ácido sulfúrico como agente oxidante, y el amoniaco liberado se cuantifi

fica por los métodos de titulación o Nesslerización. Para la determinación exclusivamente del nitrógeno orgánico, se lleva a cabo una remoción previa del nitrógeno amoniacal presente. Durante la digestión de la muestra, se añaden sulfatos de mercurio y potasio para aumentar la temperatura de ebullición de la mezcla y asegurar así que todo el nitrógeno orgánico sea liberado en forma de amoníaco. Los cambios que sufre la muestra durante la digestión son: 1.- Evaporación del agua para dejar que el ácido sulfúrico concentrado ataque a la materia orgánica. 2.- En el momento en que la digestión empieza, se forman grandes cantidades de humos blancos. 3.- Al deshidratarse la materia orgánica, (por el ácido sulfúrico) la mezcla se vuelve negra. 4.- Al oxidarse el carbono se forman burbujas extremadamente pequeñas debido a la liberación de CO_2 y SO_2 . 5.- La destrucción de la materia orgánica finaliza cuando la solución se vuelve incolora. 6.- La digestión se debe continuar por lo menos durante 20 min después de la clarificación de las muestras, para asegurar la completa destrucción de la materia orgánica.

Interferencias.

En presencia de gran cantidad de materia libre de nitrógeno, es necesario agregar 50 ml adicionales de la mezcla de ácido sulfúrico y sulfato de mercurio y potasio por cada gramo de material sólido de la muestra.

Cálculos.

$$\text{Titulación final: } \begin{array}{l} \text{mg/ l de nitrógeno} \\ \text{orgánico.} \end{array} = \frac{(D - E) \times 280}{\text{ml de muestra}}$$

Donde: D = ml de ácido sulfúrico gastados por la muestra.

E = ml de ácido sulfúrico gastados por el testigo.

B A C T E R I O L O G I A .

Una gran variedad de microorganismos se presentan en todas las fases del ciclo hidrológico. El agua atmosférica contiene la flora microbiana presente en las pequeñas partículas que arrastra el aire. El agua superficial alberga infinidad de microorganismos naturales y extraños presentes éstos últimos, por causa de contaminación, y los aportados en los primeros minutos de la precipitación pluvial; mientras que la calidad del agua adáfrica, comunmente es buena. Los gérmenes patógenos que con mayor frecuencia se propagan por el agua son generalmente causantes de infecciones intestinales. Comunmente el agua superficial es contaminada por las descargas industriales y domésticas. Estas aguas residuales pueden contener millares de bacterias por mililitro, entre las que se incluyen coliformes, estreptococos, bacterias Proteus, y -- otras procedentes del tracto gastrointestinal humano y animal además de protozoarios, virus, nematelmintos, platelmintos y agentes causantes de enfermedades. Los agentes etiológicos más comunes y presentes en las aguas residuales son:

BACTERIAS COLIFORMES. El grupo coliforme incluye diversas especies de Escherichia, Aerobacter y Klebsiella así como bacilos paracolon.

Las bacterias coliformes son bacilos cortos Gram negativos que pueden formar cadenas. En condiciones de cultivo desfavorables, (por ejemplo en presencia de antibióticos) se presentan formas filamentosas largas. Las cápsulas en E. coli son raras, más frecuentes en Aerobacter, y --- grandes y regulares en Klebsiella. La mayoría de las cepas de E. coli, son móviles así como algunas cepas de Aerobacter; los organismos del género Klebsiella son inmóviles.

Cultivo. *E. coli* forma colonias redondas, convexas y lisas, con bordes definidos. Las colonias de *Aerobacter* son parecidas pero un poco más mucoides, en tanto que las colonias de *Klebsiella* son grandes, muy mucoides y tienden a confluír cuando la incunación se prolonga. Algunas cepas de *E. coli* son hemolíticas en gelosa sangre.

Crecimiento. *Escherichia* y *Aerobacter* descomponen a muchos carbohidratos con producción de ácido y gas. *Escherichia* produce aproximadamente igual cantidad de CO_2 que de H_2 a partir de la glucosa, en tanto que *Aerobacter* produce dos veces más cantidad de CO_2 que de H_2 . *Klebsiella* también fermenta muchos carbohidratos pero las variaciones entre las cepas son grandes.

Para la diferenciación de cepas típicas de *E. coli* y *A. aerógenas*, se emplean las siguientes pruebas especiales: 1.- Reacción del Indol. *E. coli* produce indol en caldo peptona. 2.- Prueba del rojo de metilo. Esta prueba depende del pH final del cultivo en caldo con 0.5% de glucosa después de una incubación de 4 días a 37°C. *E. coli* dará un pH inferior a 4.5 3.- Prueba de Voges-Proskauer. Depende de la producción de acetilmetilcarbinol a partir de la glucosa. En presencia de un alcali, este compuesto es oxidado a diacetilo y da una coloración rosada (*Aerobacter*). 4.- Prueba del citrato. La utilización del citrato como única fuente de carbono.

Escherichia coli. Enfermedad producida. La *Escherichia coli* habita frecuentemente en el conducto intestinal del hombre y de otros animales vertebrados. Generalmente no es patógena. En ciertos casos se ha comprobado que se sobrepone a los mecanismos defensivos de cuerpo, y ocasiona septicemia, peritonitis, hepatitis y colecistitis, meningitis y otras infecciones. Debido a que el germen se encuentra en el contenido intestinal, su presencia en el agua y los alimentos, suele indicar contaminación con materias fecales.

Aerobacter aerógenes. Comúnmente se le encuentra como patógeno de las plantas, sin embargo también se le ha encontrado aunque muy raras veces, en infecciones del tracto urogenital.

Klebsiella pneumoniae. La *Klebsiella pneumoniae* fué aislada por primera vez por Friedländer, por lo que también recibe el nombre de bacilo de Friedländer. No pocas veces se encuentra asociada a infecciones de las vías respiratorias en el hombre. En la mayoría de los casos el germen parece ser un invasor secundario que no ocasiona siquiera el 1% de la neumonías.

Enfermedad producida. Se asocia a infecciones del aparato respiratorio el conducto intestinal y la vías genitourinarias del hombre. Aislada de los pulmones en la neumonía lobular. Puede producir también otitis media, empiema, pericarditis, meningitis y septicemia.

GRUPO PROTEUS. Los organismos del grupo proteus son bacilos Gram negativos móviles y aeróbicos. La mayoría de las especies llevan vida libre en el agua, en el suelo y en las aguas negras. *P. vulgaris* se encuentra a menudo formando parte de la flora fecal normal del tracto intestinal. *P. morganii* ha sido relacionado con las dísarreas de verano en niños. El grupo proteus no fermenta la lactosa, licúa con rapidéz la gelatina, descompone la urea con liberación de amoníaco y tiende a diseminarse rápidamente sobre las superficies de medios sólidos. No crece bien a valores ácidos de pH.

P. vulgaris como los bacilos coliformes, produce infecciones en humanos solamente cuando abandona su hábitat normal en el tracto intestinal. Es causa frecuente de infecciones en el tracto urinario. Debido a la notable resistencia de este grupo a la mayoría de los agentes antimicrobianos, el número de organismos de este género tiende a aumentar cuando se suprimen los coliformes que son más susceptibles. Existen muchas --

variaciones entre diversas cepas de *Proteus* con respecto a su sensibilidad a antibióticos; actualmente la neomicina es el fármaco más activo contra estos microorganismos.

SALMONELLA. Estos gérmenes son bacilos móviles mediante flagelos peritricales, o inmóviles siempre Gram - negativos. Se encuentran en cuerpos de animales hematermos incluido en hombre y a veces en reptiles. Con frecuencia los contiene el alimento ingerido por estos animales.

Salmonella typhosa. Son células bacilares de 0.6 a 0.7 x 2 a 3 micras; sueltas, en parejas y a veces en cadenas cortas. Móviles con flagelos peritricales, a veces inmóviles. Gram negativos.

Enfermedad producida: Es causa de la fiebre tifoidea en el hombre. ---

Focos de infección: Heces y orina de personas infectadas o portadores.

Mode de transmisión: Por contacto directo con portadores (antiguos enfermos que después de restablecidos, continúan eliminando bacilos con el contenido intestinal. Estos gérmenes no son patógenos para el portador, pero pueden causar fiebre tifoidea cuando llegan al conducto intestinal de otras personas). La fuente más común de epidemias de tífus es la leche contaminada por los trabajadores de las lecherías. Las ostras y mariscos cultivados en aguas contaminadas por desagües de cloacas que pueden contener el microbio. A veces también se producen epidemias por contaminación del agua de manantial por aguas residuales. La sensibilidad a la infección es general. Sólo hasta cierto grado existe inmunidad natural en los adultos.

Salmonella Paratyphi, Shottmelleri y Hirshfeldii. Producen fiebre paratifoidea de carácter menos agudo que la tifoidea.

Salmonella paratyphi. Células bacilares de 0.6 x 3 a 4 micras sueltas, móviles, con flagelos peritricales. Gram negativas.

Salmonella enteriditis. Son células bacilares de 0.6 a 0.7 x 2 a 3 mi

cras. Se presentan sueltas, en parejas y a veces en cadenas cortas. --
Móviles con flajelos peritricales. Gram negativas.

Salmonella typhimurium. Son células bacilares de 0.5 x 1 a 1.5 micras.

Sueltas, móviles, con flagelos peritricales. Gram negativas.

GRUPO SHIGELLA. Los *Shigella* son células bacilares, inmóviles, Gram -
negativas. Algunas especies son patógenas (ocasionan disentería) y -
otras solamente parásitas en animales de sangre caliente. Con unas ---
cuantas excepciones no fermentan la lactosa pero si otros carbohidra__
tos, produciendo ácido pero no gas. El habitat natural de las *Shigellas*
está limitado al tracto gastrointestinal de los mamíferos, particularm__
ente del hombre, en la que algunas especies producen disentería baci__
lar. Son bacilos delgados, no capsulados, inmóviles no esporulados, --
anaerobios, facultativos. Crecen mejor en aerobiosis. Forman colonias
redondas, convexas, transparentes de bordes esteros, que alcanzan un -
diámetro de cerca de 2 mm en 24 horas. Pueden reconocerse generalmen__
te en los medios diferenciales por su incapacidad para fermentar lacto__
sa, permaneciendo por lo tanto, incoloras en tanto que las colonias --
de los fermentadores de la lactosa se colorean de rojo.

Crecimiento: Todas las *Shigellas* fermentan la glucosa; ninguna fermenta
la salicina, con excepción de *S. sonnei* y de *S. dysenteriae* que tampoco ---
fermentan la lactosa. Las *Shigellas* pueden ser clasificadas también, -
en aquellas que fermentan el manitol (*Sh. sonnei*, *Sh. flexneri*) y --
aquellas que no lo fermentan (*Sh. dysenteriae*).

El habitat natural de los bacilos de la disentería es el intestino ---
grueso del hombre. Las *Shigellas* son transmitidas de persona a persona
por los alimentos, las manos, las heces y las moscas. Las vacunas ca__
recen de efectividad. La eliminación de los organismos se puede realizar
de la siguiente manera: 1.- Aislamiento de los pacientes y desinfección

de sus excreciones. 2.- Prevención del estado del portador mediante - la quimioterapia adecuada. 3.- Descubrimiento de casos subclínicos, - particularmente en personas que manejan alimentos. 4.- Control sani__ tario del agua, alimentos, leche, del manejo de las aguas negras y --- combate de las moscas.

VIBRIO. Los miembros del género Vibrio son pequeños bacilos curvos, - sueltos o unidos en espirales. Se mueven por medio de un sólo flagelo polar que suele ser relativamente corto. Pocas veces se observan 2 o - 3 flagelos en penacho. Los gérmenes se desarrollan bien y rápidamente en la superficie de medios de cultivo comunes. Unos son aerobios y --- otros anaerobios. En la mayoría son formas acuáticas, algunas parásitas o patógenas.

Vibrio comma. Son células bacilares ligeramente curvadas de 0.3 a 0.6 x 1 a 5 micras. Sueltas o en cadenas espirales. Pueden ser largas, fi__ nas y delicadas, o cortas y gruesas, y perder su forma curva por cul__ tivo artificial. Se mueven por medio de un sólo flagelo polar y no te__ man el Gram. Los gérmenes toleran una intensa alcalinidad. Su pH ópti__ mo es de 7.6 a 8.0 ; para el aislamiento inicial de 9 a 9.6.

Enfermedad producida: Es causa del cólera asiático en el hombre. En -- casos benignos la afección ocasiona solamente diarrea. En los más ---- graves o típicos, los síntomas además de diarrea pueden ser vómitos, - deposiciones de "agua de arroz" y signos generales de deshidratación, acompañados de sed, dolor abdominal y coma.

Focos de infección: El contenido intestinal y los vómitos de las per__ sonas infectadas, las heces de convalecientes y de portadores sanos, - los alimentos y el agua.

Modo de transmisión: Por el agua y alimentos, por contacto con perso__ nas infectadas, portadores u objetos contaminados por excreciones de - unos u otros, por moscas.

BRUCELAS. Las Brucelas son pequeños cocobacilos, Gram negativos y --- aeróbios, inmóviles, no esporulados y metabólicamente relativamente -- inactivos. Son parásitos obligados de los animales y el hombre, siendo característica su localización intracelular. *B. melitensis* infecta en forma típica a las cabras. *B. suis* a los cerdos y *B. abortus* al ganado bovino. La enfermedad en el hombre llamada brucelosis (fiebre ondulan te, fiebre de malta, etc.) está caracterizada por una fase septicémica aguda seguida de un estadio crónico que puede prolongarse durante mu___ chos años y puede llegar a afectar diversos tejidos.

Brucela abortus. Las células son bacilos elipsoidales cortos, sueltos en parejas y a veces en cadenas, de 0.3 a 0.4 micras de longitud. Para su aislamiento necesitan dióxido de carbono al 10%, se vuelven aeróbios tras varios pases. Son inmóviles y Gram negativos.

Enfermedad producida: Causa el aborto contagioso en el ganado vacuno y también en yeguas, ovejas, conejas, y cobayas. En el hombre origina fiebre ondulante y brucelosis. La fiebre ondulante se caracteriza por una infección general de comienzo paulativo o insidioso y se caracteriza por fiebre irregular generalmente prolongada, con sudores, escalofrío, y dolores en articulaciones y músculos.

Focos de infección: Tejidos, sangre, leche y orina de animales infec_ tados especialmente cabras, cerdos y ganado vacuno.

Brucela melitensis. Son bacilos elipsoidales de 0.3 a 0.4 micras de - longitud, sueltos o apareados, raramente en cadenas cortas inmóviles - Gram negativos no acidoresistentes.

Enfermedad producida: Son causa de la fiebre ondulante (brucelosis), en el hombre, y el aborto en la cabra. Pueden infectar a cabras y cer_ das y ser eliminadas en su leche. Infecciosas para todos los animales domésticos. La fiebre ondulante es una enfermedad generalizada, de co_ mienzo gradual o insinuoso, y se caracteriza por fiebre.

Focos de infección: Tejidos, san_gre, leche y orina de cabras infecta_

das. La enfermedad se propaga al hombre por la leche de otros animales.

Brucela suis. Bacilos elipsoidales de 0.3 a 0.4 micras de longitud, -
suelos o apareados, rara vez en cadenas cortas, inmóviles, no ácido-
resistentes, Gram negativas.

Enfermedad producida: Es causa de la fiebre ondulante (brucelosis)
en el hombre y aborto en marranas. Puede infectar a vacas y cabras, y
ser eliminado en su leche. Infeccioso para todos los animales domésti-
cos.

Focos de infección: Tejidos, sangre, leche y orina de animales infec-
tados. La enfermedad se propaga al hombre por medio de la leche de ---
esos animales. En cerdos y en la especie humana es una septicemia.

ENTAMOEBIA HISTOLYTICA. La Entamoeba Histolytica es un parásito que se
encuentra frecuentemente en el intestino del hombre, en ciertos prima-
tes superiores y en algunos animales caseros que participan de sus ali-
mentos. Probablemente la mayoría de los casos permanecen asintomáticos.

Organismos típicos: Tres periodos se encuentran en las heces y en los
tejidos: La entamoeba activa, el quiste inactivo, y el prequiste inter-
medio. El trofozoite ameboides se encuentra en los tejidos durante la -
invasión y en las heces líquidas durante la disentería amebiana. El --
tamaño es de 15 a 30 micras (límites de 16 a 60 micras). El citoplas-
ma es granuloso en aproximadamente sus dos tercios; puede contener eri-
troцитos pero no bacterias y es diferente del ectoplasma que lo rodea.
Los movimientos en un medio caliente y recién obtenido son vivos y apa-
rentemente intencionados. Los pseudópodos tienen la forma de dedos y -
son anchos. Las amibas moribundas son lentas con poca diferenciación -
del ectoplasma pero su núcleo es más definido. Las formas prequísticas
casi no realizan movimientos, les faltan los pseudópodos y tienen un -
ectoplasma pequeño, no contienen eritrocitos u otros restos y son sóla

mente mayores en una pequeña porción que los quistes. Pueden encontrarse en las heces líquidas. Los quistes se encuentran solamente en la luz del colon y en las heces fluidas o poco formadas.

Crecimiento: El crecimiento es más vigoroso en medios complejos y ricos, bajo una anaerobiosis parcial a 37°C y un pH de 7.0 y una flora mezclada o por lo menos con una sola especie coexistente, por ejemplo el estreptobacilo. La multiplicación se realiza en los trofozoitos y de nuevo en los quistes. Los trofozoitos emergen de los quistes ingeridos a su entrada al colon. La mayor concentración de las amibas se realiza en los lugares donde hay mayor estancamiento fecal, como en el ciego y en la parte inferior del colon ascendente, en el colon sigmoideo y en el recto. La invasión de las mucosas por las amibas, con ayuda de los fermentos proteolíticos, conduce a una invasión de las cavidades pequeñas en forma de botella que contienen restos de células, moco y organismos. Se presume que este proceso continúa en los quistes deportadores asintomáticos, pero no hay certidumbre. Algunas autoridades piensan que los trofozoitos pueden existir en el lumen intestinal sin invadirlo. La invasión activa conduce sin embargo, a la invasión lateral de las pequeñas cavidades con destrucción de tejido, debajo de sus bordes y producción de úlceras que pueden hacerse coalescentes, esto es, acompañado de diarrea o disentería en la que los trofozoitos son arrastrados por el moco y algunos eritrocitos en las heces fluidas. En ausencia de una gran inflamación, la destrucción y regeneración se suceden simultáneamente a menos que sobrevenga una infección secundaria. Este proceso puede conducir a apendicitis, perforación y hemorragia, o en ocasiones a estrechamientos, a granulomas amibianos, o a la pseudopoliposis. Debe hacerse la diferenciación entre la *E. histolytica* y la *E. coli*, la más frecuente de las otras amibas intestinales, mediante las

preparaciones teñidas de la manera siguiente: 1) Trofozoitos: El citoplasma en la *E. histolytica* es vidrioso y no contiene casi inclusiones, con excepción tal vez de eritrocitos y vacuolas esféricas. El citoplasma de *E. coli* es granuloso, con muchas bacterias y otras inclusiones - además de vacuolas elipsoidales. El ectoplasma es generalmente marcado con claridad en *E. histolytica* y no en *E. coli*. Los núcleos de *E. histolytica* tiene endosomas centrales muy pequeños y granulos de cromatina finos y regulares alineados en la periferia. Los núcleos de *E. coli* -- tienen endosomas excéntricos más grandes y la cromatina esférica está - localizada en gránulos más gruesos y con menor orden en su distribución. El núcleo algunas veces parece asentado en una clara vacuola. Los trofozoitos moribundos y las formas prequisticas tanto en la *E. histolytica* como en la *E. coli* son por lo general indistinguibles.

2) Quistes: Las vacuolas de glicógeno desaparecen durante las divisiones sucesivas. Los núcleos se parecen a los trofozoitos. Ocasionalmente los quistes de la *E. histolytica* en muchas preparaciones contienen -- numerosos quistes mononucleados lo que se ve rara vez en *E. coli*. Los cuerpos cromatoides en los quistes precoces de la *E. histolytica* son barras con terminaciones romas. En los de *E. coli* son parecidas a ---- astillas, sin extremos romos o redondeados y a veces se encuentran en racimos. La *E. coli* se encuentra en el 15 a 20% de los individuos normales.

Control. Por lo general, los quistes son ingeridos por medio de aguas contaminadas, o menos frecuentemente, por verduras o alimentos contaminados. Los portadores de quistes asintomáticos son la principal ---- fuente de contaminación, en la que las moscas pueden actuar como intermediarios.

CORYNEBACTERIUM. Los miembros de este género son bacilos delgados, --

rectos o ligeramente curvos, con segmentos o gránulos irregularmente teñidos. Con frecuencia presentan en los extremos, dilataciones en forma de punta o maza. Por dehiscencia, las células se disponen en ángulo o empanizada (estacada). Gram positivos o variables, a veces se encuentran células jóvenes y hasta viejas Gram negativas, pero los granulos siempre son Gram positivos. Por lo general son aeróbios extrictos aunque se ven algunas especies microaerófilas e incluso anaeróbias. Ciertas especies patógenas producen una fuerte exotoxina. El grupo se encuentra ampliamente difundido en la naturaleza. Las especies mejor conocidas son parásitas y patógenas del hombre y de los animales domésticos. Algunas son notoriamente patógenas de plantas, existiendo otras especies comunes que se encuentran en los productos lácteos, en el agua y en el suelo.

Corynebacterium diphtheriae. Estas células son bacilares de tamaño muy variable, de 0.3 a 0.8 micras, y se presentan sueltas. Son bacilos rectos o algo curvos, con frecuencia masudos por uno o los dos extremos. Por regla general, no se tificen uniformemente con azul de metileno sino que muestran zonas alteradas de material teñido y sin teñir, así como uno o más granulos metacromáticos, éstos se ponen de manifiesto claramente, usando colorantes especiales.

Enfermedad producida: Es causa de la difteria en la especie humana, patógena para cobayos, gatos y conejos. El microorganismo se localiza en la garganta donde segrega una fuerte toxina extracelular, que interrumpe la circulación sanguínea y puede ocasionar la muerte si no se neutraliza mediante anticuerpos conocidos como antitoxinas. La difteria es una infección febril aguda generalmente de nariz, garganta y amígdalas. La acción tóxica del microbio, destruye la capa superficial de células. La toxina elaborada por los gérmenes ejerce una acción nociva

sobre los riñones y músculos cardíacos; probablemente esta última ---- acción sea la más importante.

Portadores: Los combalecientes pueden albergar gérmenes por espacio de 2 a 4 semanas. Después desaparecen gradualmente las bacterias. En estudios de la flora bacteriana de gargantas normales han revelado que --- existe un número por demás elevado de personas que tienen habitualmente bacilos diftéricos, son portadores crónicos, y no tienen importancia, a menos que los microorganismos sean del tipo virulento.

Focos de infección: Derrames de lesiones diftéricas de la faringe, -- laringe, la tráquea, nariz, conjuntiva o vagina, secreciones de la --- faringe y la nariz sana de portadores.

ASCARIS LUMBRICOIDES. Ciclo de vida: Estos nemátodos (los machos -- pueden medir de 15 a 31 cm , y las hembras de 20 a 35 cm), general___ mente viven libres en el lumen del intestino delgado. Después de su -- maduración sexual, la cópula se lleva a cabo y las hembras desovan --- rápidamente. La producción diaria de huevecillos por hembra es fenome__ nal con un promedio de 200,000. Los huevos fertilizados se encuentran en estado de una sólo célula al abandonar al huésped en las heces. --- Los huevecillos sin fertilizar difieren considerablemente en su morfo__ logía; algunas veces pueden verse si el excremento conteniendo los --- huevecillos fertilizados se deposita en un área caliente y oscura . - En estas condiciones éstos huevecillos se desarrollarán. Son considera__ blemente resistentes al frío y a la desecación. A temperaturas entre - 22 y 33°C los huevecillos se desarrollarán hasta un estado inofensivo en 2 o 3 semanas. Estos huevecillos inifensivos, pueden permanecer via__ bles dentro de la tierra por varios meses y años en algunos casos. La ingestión accidental de huevecillos inofensivos dá por resultado una infección. De los huevecillos que se crían en el duodeno las larvas --

emergentes penetran en la pared del intestino y de allí al torrente -- circulatorio, llegando así al corazón y de allí a los pulmones. Son -- filtrados en los capilares pulmonares penetrando más tarde en los alveolos. Después de 2 semanas aproximadamente en los pulmones, se presenta la fase donde la larva emigra del tracto respiratorio a la epiglotis y son absorbidas al estómago desarrollandose finalmente al estado adulto en el intestino delgado. El ciclo completo de la infección hasta la maduración sexual requiere de 8 a 12 semanas. La longevidad de una lombriz adulta es de más de un año. El principal daño producido por la -- larva tiene lugar en los pulmones. Potentes hemorragias se producen -- después de su entrada a los alveolos. Los síntomas principales son --- pneumonitis que consiste en diarrea, tos y fiebre. Las lombrices adultas se alimentan de la comida semidigerida del huésped, y si éstas son muy abundantes pueden tener efectos detrimentes en la nutrición del -- huésped. Los efectos de las lombrices adultas son más notorias en los niños los cuales presentan con frecuencia pérdida de apetito, y peso, cólico intestinal intermitente así como varios síntomas nerviosos. El mayor peligro de las lombrices adultas es la migración anormal dentro del cuerpo. Pueden bloquear el ducto biliar o penetrar dentro del hígado o del páncreas. En otras ocasiones, se han encontrado en sitios -- anormales del cuerpo. Algunas veces perforan la pared intestinal, especialmente en los niños. Una gran masa de lombrices puede causar obstrucción intestinal.

Migración de larvas viscerales: Este fenómeno se ha observado en niños y ha sido reconocido resentemente. Esto se presenta con larvas Toxocara canis (ascaris de perro) u otros nemátodos no humanos que se -- incuban de los huevecillos en el intestino delgado y emigran al hígado, pulmones y otros órganos. Estas larvas inadaptables al hombre no -- pudiendo madurar eventualmente mueren.

GRUPO MYCOBACTERIA. Los mycobacteria son bacterias en forma bacilar - que se tiñen con facilidad pero una vez teñidos resisten la decoloración por los ácidos o el alcohol y son por lo tanto, llamados bacilos ácido resistentes. Además de muchas formas saprófitas, el grupo comprende organismos patógenos (*M. tuberculosis*, *M. leprae*) que causan enfermedades crónicas con lesiones del tipo del granuloma infeccioso.

Mycobacteria tuberculosis. En los tejidos animales el bacilo tuberculosis se presenta en forma de bacilos rectos y delgados, midiendo aproximadamente 0.4 a 3 micras. En medios de cultivo artificiales pueden observarse formas cocoides y filamentosas. Los mycobacteria no pueden ser clasificados como organismos Gram negativos o positivos, ya que una vez teñidos por colorantes básicos no pueden ser decolorados por el alcohol aunque se presinda del tratamiento con solución lugol. Los verdaderos bacilos tuberculosos están caracterizados por su acidoresistencia. El alcohol etílico con 3% de ácido clorítico decolora rápidamente a todas las bacterias excepto a los mycobacteria. La acidoresistencia depende de la integridad de la estructura celular.

Crecimiento: Los mycobacteria son aerobios estrictos y derivan su energía de la oxidación de muchos compuestos sencillos de carbono. Sus actividades bioquímicas no son características, su velocidad de crecimiento es mucho más lenta que la de la mayoría de las bacterias. Las formas aprófitas crecen más rápidamente y se desarrollan bien a 22°C, producen más pigmento y son menos ácido resistentes que las formas patógenas. Los mycobacteria tienden a ser más resistentes a los agentes químicos que otras bacterias debido a su naturaleza hidrofóbica de su superficie celular y a su crecimiento en grumos en presencia de agentes humectantes (Tween 80), que dan por resultado el crecimiento disperso y un mejor contacto superficial los organismos se tornan completamente susceptibles a una variedad de sustancias químicas. A pesar de ello, --

concentraciones de colorantes (verde de malaquita) o de agentes ---- antibacterianos (penicilina) que son bacteriostáticas para otras --- bacterias, pueden añadirse a los medios de cultivo sin que se inhiba el crecimiento del bacilo tuberculosos.

Patogenia: El bacilo tuberculoso no produce toxinas. La enfermedad es producida por el establecimiento y proliferación de organismos virulentos y las interacciones con el huesped. Los bacilos avirulentos no sobreviven mucho tiempo en el huesped normal. La resistencia y la hipersensibilidad del huesped influyen grandemente en el curso de la enfermedad.

La producción y desarrollo de las lesiones así como su curación o progresión, están determinadas principalmente por: 1.- El número de bacilos tuberculosos y su multiplicación subsecuente. 2.- La resistencia y la hipersensibilidad del huesped.

El bacilo tuberculoso se disemina en el huesped, por extensión directa mediante los vasos linfáticos y el torrente circulatorio, por los bronquios y el tracto gastrointestinal.

C O N S I D E R A C I O N E S G E N E R A L E S .

El sistema de tratamiento seleccionado para ser aplicado en el Primer Distrito de Control de Contaminación de Aguas por ser de naturaleza -- biológica, se caracteriza por su flexibilidad. Debiendose entender con esto que es susceptible de presentar variaciones en la efectividad del sistema de tratamiento cuando la calidad de las aguas del influente de la planta de tratamiento rebasa los límites tóxicos tolerables. De allí el control que se llevará a cabo de la calidad de las aguas -- que recibirá la planta de tratamiento.

La efectividad de la planta de tratamiento dependerá de la operación - de ésta; ya que se deberán determinar experimentalmente, las condicio_ nes óptimas para hacer posible la obtención de aguas con la calidad -- deseada. (calidad agrícola)

El tratamiento biológico tiene la ventaja sobre el tratamiento químico de que es más económico en lo que toca a la operación y mantenimiento; ya que no es necesario el uso de sustancias químicas durante el proce_ so.

Así mismo, la desventaja del proceso biológico sobre el químico es que es necesario de disponer de mayor superficie de terreno para hacer po_ sible la instalación de la planta de tratamiento.

El sistema de tratamiento para ser aplicado en el Primer Distrito de - Control de Contaminación de Aguas fué seleccionado después de haberse llevado a cabo un estudio de las características de las aguas residua_

les de las industrias actualmente en operación en la zona de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Mor., así como en las poblaciones de Tlalhuapan y Tejalpa del municipio de Jiutepec, Morelos.

El objetivo de haber planeado un laboratorio bien equipado, es el de poder estar en condiciones de brindar al Estado de Morelos una ayuda en lo conserniente al control de la contaminación, no solamente en la zona de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca y lugares aledaños, sino en todo el Estado.

B I B L I O G R A F I A .

- Chemistry. Clair N. Sawyer, Perry L. Mc. Carty. Mc. Graw Hill. Series in Sanitary science and Water Resources Engineering. Second Edition. 1967.
- The Pharmacological Basis of Therapeutics. Louis S. Goodman and Alfred Gilman. The Mc Millan Company. Fourth Edition. 1970.
- Bacteriología. A.J. Salle. Editorial Gustavo Gili, S.A. Segunda Edición. 1965.
- Manual de Microbiología Médica. Ernest Jawetz, Joseph L. Melnick, Edward A. Adelberg. Segunda Edición. 1966.
- Zinsser Microbiology. David T. Smith, Norman F. Conant, Hilda Pope Willett. Appleton-Century-Criofths. 14th Edition. 1968.
- Métodos Instrumentales de Análisis. Hobart W. Willard, Lynne L. Merritt, Jr. John A. Dean. Compañía Editorial Continental, S.A. Cuarta Edición. 1968.
- Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal. U.S. Environmental Protection Agency Transfer. Cincinnati, Ohio.
- Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Ernan E. Hilleboe.

Manual del Curso "Análisis de Aguas y Aguas de Desecho". Secretaría --
de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Planeación.