

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE LAS AGUAS DE DESCARGA DE CELA
NESE MEXICANA EN RIO BRAVO TAMAULIPAS.

AMADA MARGARITA VELAZQUEZ DE LA MOTA

SILVIA VAZQUEZ LOPEZ

INGENIERO QUIMICO

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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
N.º. ~~426~~ 429
EOMA _____
RDC _____
S _____



JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE,	PROF.	GUILHERMO HERNANDEZ ANGELES
VOCAL	"	JORGE SPAMER GARCIA CONDE
SECRETARIO	"	CARLOS ROMO MEDRANO
1er. SUPLENTE	"	ALFONSO LOPEZ TAPIA
2do. SUPLENTE	"	IGNACIO RODRIGUEZ ROBLES

Sitio donde se desarrolló el tema: Río Bravo Tamaulipas.

Sustentantes: Silvia Vazquez López

Amada Margarita Velazquez de la Mota

Asesor del tema: Jorge Spamer García Conde.

CAPITULO I

I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	PROPIEDADES DE LA CELULOSA	7
III	DESCRIPCION DEL PROCESO GENERAL. TRATAMIENTO Y REPARTO DE AGUA	12
IV	DESCRIPCION DEL MUESTREO Y METODOS DE ANALISIS	23
V	RESULTADOS OBTENIDOS Y METODOS PARA TRATAR LAS AGUAS DE DESECHO.- ANALISIS DE LAS AGUAS DE DESECHO.	81
VI	DIAGRAMAS Y GRAFICAS	116
VII	CONCLUSIONES	124
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	126

CAPITULO I

INTRODUCCION

La industria de la celulosa tiene necesidad de una gran cantidad de agua. Lógicamente el consumo de este líquido varía considerablemente con las diferentes clases de celulosa y también con el empleo de las aguas recuperadas. En términos generales puede decirse que para 100 Kg de celulosa se pueden consumir entre 4 000 y 5 000 litros de agua.

Este dato da una idea de la importancia que tiene para la industria mencionada, la necesidad de establecer un sistema de recuperación de aguas lo más completo posible, con el fin de obtener un rendimiento máximo del líquido.

Hasta la fecha esta industria ha dado importancia solo a la reutilización del agua blanca, esto es, no se ha tomado en consideración el agua usada en el departamento de cocido o sea el licor negro, que también podría recircularse siempre y cuando se le someta a un proceso adecuado que logre decolorarla y nuevamente ponerla en condiciones apropiadas para su uso.

Además en la República Mexicana existe el problema de la escasez de agua, que en los últimos años se han acentuado de tal manera que ocasiona graves trastornos a toda la industria en general.

Por otra parte y de acuerdo con lo dispuestos por el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas,

expedido con fecha 29 de marzo de 1973, las industrias que descargan aguas al canal deben ajustarse a los siguientes artículos:

Artículo 6.- La prevención y control de la contaminación de las aguas, para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores, deberán realizarse, en los términos de este reglamento, mediante los siguientes procedimientos:

I.- Tratamiento de las aguas residuales para el control de sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y potencial hidrogeno (pH).

II.- Determinación y cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales, mediante el tratamiento de éstas, en su caso, de acuerdo con el resultado de los estudios que la autoridad competente realice de los cuerpos receptores, su capacidad de asimilación, sus características de dilución y otros factores.

Artículo 13.- Los responsables de las descargas de aguas residuales que no sean arrojadas en el alcantarillado de las poblaciones, deberán, dentro de un plazo de tres años contados a partir de la fecha del registro de la descarga, ajustarla a la siguiente tabla:

TABLA NUM. 1 DE MAXIMOS TOLERABLES

I.- Sólidos sedimentables	1.0 ml/l
II.- Grasas y aceites	70.0 mg/l
III.- Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por una malla de 3 mm. de claro libre <u>cu</u> drado.
IV.- Temperatura	35°C
V.- Potencial hidrógeno (pH)	4.5 - 10.0

Artículo 23.- Las Secretarías de Recursos Hidráulicos y de Salubridad y Asistencia realizarán los estudios de -- los cuerpos receptores a que se refiere este re-- glamento, a fin de clasificar las aguas en función de sus usos, conocer su capacidad de asimilación y de dilución, así como para señalar las condiciones particulares de las descargas de aguas resi-- duales.

Artículo 24.- Con base en el dictamen que emita la Secretaría - de Salubridad y Asistencia y en los estudios a -- que se refiere el artículo anterior, de una cuen-- ca o región, la Secretaría de Recursos Hidráulici--

cos fijará las condiciones particulares de las -
descargas de aguas residuales, de acuerdo con la
clasificación del agua del cuerpo receptor, su -
volumen o gasto y las tolerancias fijadas en la-
siguiente tabla:

T A B L A N o. 2

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFI-
CIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

AGUA ADECUADA PARA USO AGRICOLA E INDUSTRIAL	
pH	6.0 a 9.0
Temperatura °C	Condiciones naturales más 2.5°C, máximo 30°C
Oxígeno dis. mg/l	3.2
Bacterias co- liformes --- (organismos / 100 ml)	1000 para legumbres y libre para los demás culti- vos.
Aceites y Grasas mg/l	Ausencia de película visible
Sólidos di- sueltos mg/l	(a)
Turbiedad (U.T.J.)	Condiciones naturales

Continúa Tabla No. 2

Color (Esca la Pt. Co.)	Condiciones naturales más de 10
Nutrientes: N y P	(b)
Materia Flo tante	Ausente
Substancias tóxicas	(c)

- (a) Conductividad no mayor de 2 000 umohs/cm. Si el valor RAS- es mayor de 6, la Secretaría de Recursos Hidráulicos fijará el valor definitivo. RAS= relación de absorción de sodio. Boro 0.4 mg/l. Para valores mayores, la autoridad competente fijará el valor definitivo.
- (b) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
- (c) Ninguna ~~substancia~~ substancia tóxica sola o en combinación con otras - estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuada para el uso específico a que se destine.

Como puede apreciarse por lo antes dicho, no solo desde -- el punto de vista económico, sino para evitar un sin número -

de graves consecuencias, como la contaminación del Río Bravo, es necesario estudiar el problema con el objeto de establecer un sistema con el cual se pueda recuperar las aguas residuales que contengan licor negro.

Entendiéndose por:

Contaminación de agua.- La impurificación de muy diversas sustancias algunas de las cuales pueden producir efectos dañinos en vegetales, animales y especialmente en el hombre.

Agua residual.- El líquido de composición variable proveniente de usos municipales, industrial comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

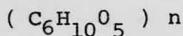
En esta tesis se trata de dar una solución a éste problema, presentando una descripción de: las propiedades de la celulosa, proceso general para la obtención de la celulosa, tratamiento de agua cruda, reparto de agua y vapor, muestreo, métodos de análisis, análisis de las muestras y sugerencias para la recuperación de las aguas que contiene el licor negro.

CAPITULO II

CAPITULO II

PROPIEDADES DE LA CELULOSA

Celulosa.- Compuesto orgánico de aproximadamente 2,000 a 3,000 moléculas de glucosa, siendo su peso molecular aproximadamente entre 100,000 a 600,000, cuya fórmula es:



La celulosa de algodón es la más estudiada con exactitud. El algodón con rama contiene en la mayoría de los casos ácidos grasos y ácidos minerales y casi siempre están reblanqueadas.

Esta celulosa de algodón se obtiene del segundo corte de la semilla.

Las propiedades físicas son:

- a) Peso específico 1.58
- b) En estado seco es un buen aislador eléctrico
- c) Es fuertemente birrefringente (refracta doblemente la luz)
- d) Es un coloide típico

Las propiedades químicas son:

- a) La composición de la celulosa es:

Carbón 44.45%

Hidrógeno 6.17%

Oxígeno 49.38%

- b) Está formada por moléculas de hexosa ($C_6H_{10}O_5$) H_2O
- c) Por su constitución se puede considerar como un alcohol con tres grupos hidróxilos
- d) La celulosa seca presenta una gran resistencia a la luz y - al aire.
- e) La descomposición de la celulosa se puede hacer por la acción simultanea de la humedad y de las bacterias, cuyos productos finales más importantes son agua y metano, junto con bióxido de carbono, (anhidrido carbónico), mientras que los productos intermedios son la hidrocélulosa y celobiosa.
- f) La humedad higroscópica de la celulosa de algodón puro está entre 5 y 8 % según la humedad del aire y del grado de desmenuzamiento.
- g) Cuando se calienta la celulosa impura a $200^{\circ}C$ aparece hidrocélulosa; con celulosa pura solamente aparecen indicios.
- h) A temperaturas más elevadas de $340^{\circ}C$ la acción del agua es carbonizante.
- i) La celulosa de algodón es resistente a la elevación de temperatura hasta unos $150^{\circ}C$, arriba de ésta temperatura se vuelve amarilla, se oscurece y finalmente experimenta una profunda descomposición.
- j) El color amarillo que ocasiona el calentamiento a $100^{\circ}C$ en un corto tiempo, es debido a las impurezas especialmente de oxixelulosa.

k) Los ácidos minerales en solución diluida son absorbidos por la celulosa en pocas cantidades, siendo muy difícil - desposeerlas de ellos por lavado de agua.

Estos agentes producen una hidrólisis más o menos profunda. De la misma manera los ácidos orgánicos producen una hidrólisis siendo inofensivos a menos que un catalizador - provoque una esterificación.

l) Los álcalis diluidos en frío disuelven solamente una cantidad pequeña de la celulosa de algodón, elevando el poder reductor. Aumentando la concentración de álcalis ocurre un hinchamiento que alcanza un valor máximo entre 16 y 24 %.

La masa que ha quedado como insoluble se designa como α - celulosa, la substancia con los ácidos de la disolución - alcalina como β celulosa y lo que permanece disuelto después de la adición de ácido como γ celulosa.

La lejía de sosa fuerte, disuelve hasta la mitad y será - mayor cuando se calienta en recipiente abierto, solamente usando una celulosa más pura queda sin disolver hasta el 12%.

La potasa cáustica obra de la misma manera. Las bases al - calinoterreas no ocasionan hinchamiento alguno.

Con las sales ácidas se forman también la hidrólisis, las sales neutras son más o menos absorvidas y en partes fija

das con los agentes oxidantes; se debilita la celulosa considerablemente en su solidez, formándose las oxixelulosas caracterizadas por su poder altamente reductor y afinidad para las sustancias colorantes básicas, (ácido nítrico y crómico, cloruro de cal, hipocloritos y permanganato potásico). En progresiva oxidación a expensas de la oxixelulosa se forma ácido oxálico y anhídrido carbónico.

Todas las celulosas separadas de las soluciones, poseen mayor higroscopicidad que la celulosa de algodón ordinario, son más fácilmente hidrolizables y bajo ciertas circunstancias poseen notable solubilidad en álcali en estado recién precipitado.

DERIVADOS DE LA CELULOSA

La celulosa hidratada o celulosa hinchada.- Esta agua que contiene la celulosa no está químicamente unida a ésta, es decir, que tiene una elevada higroscopicidad, gran poder de absorción para el licor de Fehling en frío y sobre todo por la facilidad con que se hidratan.

Hidrocelulosa.- Esta es debida a la acción de los ácidos sobre ésta, se caracterizan por su poder reductor pequeña resistencia mecánica. Cuando son calentadas o hinchadas son resistentes a la hidrólisis por los ácidos. Las hidrocelulosas van acompañadas generalmente por celulosa hinchada o de oxixelulosas.

Oxixelulosa.- Estas se caracterizan por su elevado poder reductor, así como, la abundante separación de furfurool cuando se hierve con ácido. Estas tienen el producto precipitado o sea - la verdadera oxixelulosa, posee propiedades coloidales. Hay -- tres tipos de oxixelulosa: la oxixelulosa que es insoluble en - álcali, la α oxixelulosa que es soluble en álcali y la γ oxixelulosa que es una substancia coloidal presente en la hidrólisis de la α celulosa.

La hidralcelulosa.- Que se prepara con celulosa y peróxido de hidrógeno, esta no posee propiedades coloidales como la oxi celulosa. Peróxido de celulosa que se prepara por la acción - de persulfato amónico sobre la celulosa.

Acido celulosa.- Substancias de carácter lactónico que apa recen por cocción de celulosa impura con álcali fuerte.

CLASES DE CELULOSAS

- a) Lignocelulosas.- Tal substancia compone el leño, madera y yute.
- b) Pectocelulosas.- Fascículos de hilo o lino.
- c) Hemi-celulosas.- Son parte integrante fácilmente hidrolizable en las cubiertas seminales.
- d) Muco celulosas.- Corresponde a los mucílagos vegetales.
- e) Adipo celulosa.- Forman las superficies externas grasas o ce reas de los órganos vegetales.

Los principales derivados de gran uso son: nitrato de celulosa, etil celulosa y acetato de celulosa.

CAPITULO III

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROCESO

Las pacas de algodón se clasifican de acuerdo al lugar de donde provienen y del tamaño del linter. Una vez clasificado se pasa al departamento de prelimpieza.

I.- Departamento de prelimpieza.- En este departamento se consideran dos etapas:

a) Desmenuzado.- El desmenuzamiento se hace a través de rodillos de picos, ocasionando la abertura de la borra para permitir una mejor prelimpieza, una mejor transportación y posteriormente una mejor humectación.

b) Batido.- Está constituido por cuatro batidoras. Estas se encargan de eliminar el mayor posible de impurezas. Dentro de las impurezas se pueden clasificar en forma de creciente de complejidad para el proceso:

- 1.- Tallos y semillas
- 2.- Cascarilla, cáscara y almendras
- 3.- Polvo y pimienta

Estas batidoras pueden estar trabajando en serie o en paralelo. El desecho de estas cuatro batidoras se pasa a una quinta que sirve para limpiar de las impurezas el desecho. Este sistema de prelimpieza se lleva a cabo por fuerzas centrífugas.

Una vez limpia la borra se pasa al ciclón para separar el aire de la borra y posteriormente se hace la humectación a base de una solución de sosa y humectante (jabón en polvo y ácido oleico).

Esta humectación se hace por medio de espreas colocadas en la parte inferior, aproximadamente a un metro de la base y a una temperatura mayor de la normal. Después es transportada por un gusano a los digestores o sea al departamento de cocido.

II.-Departamento de cocido.- Este departamento consta de tres etapas:

a) Digestores.- Una vez humectada la borra se introduce a los digestores, que son grandes cilindros que giran sobre un eje horizontal, al introducir la borra se hace por medio de un dispositivo que al estar girando va llenando una parte y el cambio de giro llena el restante. Una vez introducida la borra limpia y humectada al digestor, se cierra, rotando se inyecta vapor (tubos laterales con perforaciones). Para levantar la presión hasta las condiciones fijadas, se empieza a contar el tiempo efectivo de cocido, que será de acuerdo al tipo de celulosa requerida. Se para el digestor conectándose las mangueras para el desfogue para abatir la presión hasta aproximadamente 30 lb/pulg². Se inyecta agua por las mismas

vías que se inyectó el vapor para abatir la temperatura. Se debe abatir la presión hasta 14.7 lb/pulg² para lograr el desfogue completo del digestor. Una vez desfogado se pasa la carga por gravedad a las tinas 1 o 2, dependiendo del digestor que se está empleando.

- b) Tina 1 o 2.- En éstas tinas se tiene un fondo perforado en el cual se está eliminando parte del licor negro por gravedad, durante un cierto tiempo. Después se le agrega -- agua para eliminar el máximo posible de licor negro por desplazamiento.

Este licor está constituido por solución de sosa, detergente e impurezas desechadas por la solución y cocido. El licor que sale de éstas tinas se pasa directamente a las piletas de evaporación, lo mismo que el agua del primer lavado. El contenido de la tina 1 o 2 se pasa a la tina 3.

- c) Tina 3.- A la tina 3 se bombea el contenido a través de una malla inclinada; en la misma línea se inyecta agua de la cisterna. Una vez introducida la celulosa a la tina 3 se agita y al mismo tiempo se recircula el agua y la carga durante 20 minutos. De aquí la carga se bombea al departamento de blanqueo. El agua que sale de ésta tina se manda a las piletas de evaporación.

III. Departamento de blanqueo.- El primer paso consiste de un lavado agitado.

a) Lavado agitado.- Este lavado se hace con agua que proviene de la planta de tratamiento de agua. Se le agrega una cierta cantidad de ácido sulfúrico junto con el agua, agitando durante 20 minutos. Se para la agitación y se drena durante 15 minutos (el agua que se está drenando se va a la cisterna y si está muy sucia se va a la pileta de -- evaporación). Transcurrido el tiempo de drenado se diluye la carga con agua tratada y filtrada; en ésta misma tina se hace el blanqueo.

b) Blanqueo.- Se lleva a cabo en tres pasos:

1.- Primer paso.- A la carga diluida se le agrega ácido sulfúrico, estando en su agitación normal se le agrega el hipoclorito de sodio y se agita durante 30 minutos, midiendo su pH. Después se para la agitación para drenar durante 15 minutos y posteriormente se hace un lavado por desplazamiento, mandando esta agua a la cisterna.

2.- Segundo paso.- Se diluye la carga con agua tratada y caliente, agregando ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio, agitando durante 40 minutos. Transcurrido éste tiempo se agrega clorito de sodio y se agita 40 minutos más, también se mide su pH. Se drena durante 5 minutos.

3.- Tercer paso.- Se diluye la carga enseguida con agua caliente agregando sosa, clorito e hipoclorito de sodio, dándole una agitación durante 25 minutos y se drena durante 15 minutos. Transcurrido éste tiempo se vuelve a diluir con agua agregando ácido sulfúrico para su bombeo. Dándole una agitación normal se le agrega bisulfito de sodio espolvoreado para eliminar el cloro residual, de aquí se envía la carga a los tanques mezcladores.

En todos los pasos 5 minutos antes de drenar se ajusta el pH y toda el agua que se drena se manda a la cisterna y ésta es utilizada en el departamento de cocido o en el de lavado, a excepción del último drenado, debido a que éste contiene residuos de licor negro y se manda a la presa oriente.

Nota.- Cada vez que se drena se para la agitación.

c) Tanque mezclador.- Antes de llegar al tanque mezclador se introduce a una caja repartidora. Estos tanques mezcladores tienen mayor capacidad que los de lavado, con objeto de realizar un buen mezclado de la celulosa. Se hace en tres etapas:

- 1.- La caja repartidora introduce la carga a diferentes alturas sobre el tanque mezclador.
- 2.- Se agita fuertemente en la caja repartidora y en el tanque.

3.- Se recircula la carga, regresando a la caja reparadora.

Después de un cierto tiempo según las condiciones de operación se bombea al departamento de secado.

Estos tanques mezcladores se usan también como tanques de almacenamiento de la carga.

IV.- Departamento de secado.- Este departamento de secado está constituido por:

- a) Dilución.
- b) Centrifugación.
- c) Prensado.
- d) Secado.

a) La dilución.- Se hace en la caja de dilución. La carga de los tanques mezcladores se bombea a esta caja, cuyo objeto es diluir lo más posible la carga (aproximadamente un 5%).

b) Centrifugación.- Se hace en los conos que trabajan por medio de centrifugación y se llaman dirtec, cuyo objeto es quitar impurezas residuales que quedaron después de la prelimpieza y cocido.

Las bombas que se pueden utilizar son dos:

Una de 50 HP que manda a un dirtec y otra de 75 HP que man

da a cinco dirtec. Estas bombas se utilizarán de acuerdo al tipo de celulosa requerida.

c) Máquina de prensado.- Del dirtec se manda a la máquina de prensado que consta de lo siguiente:

- 1.- El primer rodillo distribuye la carga uniformemente para formar un colchón.
- 2.- El segundo y tercer rodillo llamados prensas, funcionan eliminando la mayor cantidad de agua.
- 3.- En el siguiente paso se le agrega agua desmineralizada para efectuar otro lavado por medio de otro rodillo (este paso se lleva a cabo dependiendo del tipo de celulosa).
- 4.- El cuarto y quinto rodillo también llamados prensas, eliminan la mayor cantidad de agua desmineralizada - (presión de 70 a 80 lb/pulg²)
- 5.- Último rodillo con picos sirve para desmenuzar la carga.

Después de pasar por la máquina prensadora, el abanico de producto húmedo, lo envía a la banda inclinada la cual regulada la manda a la banda metálica de la secadora.

En este departamento, si se necesita una pasta más refinada, de los tanques mezcladores se manda a la desmenuzadora que regula el tamaño requerido de las fibras de celulosa y se continua el proceso.

El agua que sale del exprimido va a la cisterna y el agua desmineralizada que se utiliza en el tercer paso de la máquina prensadora, se manda a la caja de dilución.

d) Secadora.- Consta de seis secciones, 18 abanicos difusores y 18 conos (tanto los abanicos como los conos se distribuyen tres por cada sección), dos extractores de aire (lado sur y lado norte; el lado sur expelle el aire 100% al exterior, que proviene de las dos primeras secciones, el lado norte expulsa el 50% al exterior y 50% al interior para recircularlo). El tipo de secado va a depender de las condiciones de la celulosa que se quiere obtener. Después de la secadora cae a una banda de lona que por medio de un abanico la pasa al departamento de embalado. Todo este proceso es controlado dependiendo del tipo de celulosa.

V.- Departamento de embalado.- Este departamento consta de:

- a) Ciclón
- b) Prensa
- c) Báscula

a) Ciclón.- Por medio de un abanico pasa de la banda de lona al ciclón de embalado o ciclón de producto seco. Por gravedad cae a la presa.

b) Prensa.- Aquí la celulosa es prensada al máximo por medio de tablas ranuradas, formando así las pacas; amarrándolas con alambre o con hilo de poliéster, dependiendo del tipo de celulosa. Se cepillan sus caras y se envuelven pasándola a la báscula.

c) Báscula.- Una vez envuelta se pesa y se etiqueta de acuerdo a las necesidades del cliente. En todo este proceso de la obtención de la celulosa a partir del linter de algodón se hacen los muestreos y análisis necesarios.

TRATAMIENTO DE AGUA

La planta de Celanese Mexicana cuenta con cuatro pozos de -- agua, los cuales pueden funcionar en serie, paralelo o individualmente. El agua de estos pozos tiene aproximadamente una dureza total de 1,000 ppm.

Dependiendo del uso del proceso se trata el agua de dos formas:

a) El agua pasa por filtros de arena y antracita para quitar sólidos en suspensión, quedando con la misma dureza.

b) Para que el agua salga con una dureza aproximadamente de 0 ppm se somete a un tratamiento que consta de tres etapas:

1.- Tanque clarificador

2.- Filtros de arena y antracita

3.- Unidades desmineralizadoras.

1.- En el tanque clarificador se le agrega: coagulante, hidróxido de calcio, carbonato de sodio y fosfatos. Los coagulantes que se pueden utilizar son: sulfato de aluminio y aluminato de sodio. La dureza de esta agua es aproximadamente de 100 ppm.

2.- El agua se distribuye a cinco filtros de arena y antracita los cuales funcionan en paralelo.

3.- Unidades desmineralizadoras.- El agua que pasa por estas unidades aniónicas o catiónicas se obtienen con una dureza de - aproximadamente 0 ppm.

REPARTO DE AGUA Y VAPOR

El agua tratada se reparte en dos corrientes:

1.- Una va a proceso y servicios generales, teniendo una dureza de aproximadamente 100 ppm.

2.- La segunda corriente pasa al tanque clarificador, de ahí a un tanque de agua clara y después a los filtros. De estos filtros se divide la corriente en tres partes:

- a) A planta piloto y proceso (100 ppm)
- b) A tanque secundario de función primaria emergente (100 ppm)
- c) A las unidades desmineralizadoras. El agua que sale de aquí se distribuye en cuatro partes: a planta piloto, a laboratorio, a exprimidoras y a calderas (0 ppm).

La distribución del vapor es la siguiente: de las unidades desmineralizadoras el agua pasa a un tanque de areación. De aquí a las claderas 1 o 2, obteniéndose vapor.

El vapor se distribuye al departamento de blanqueo, departamento de cocido, departamento de secado y a la planta piloto. Para reutilizar el vapor del departamento de secado pasa a un tanque condensador, de aquí nuevamente al tanque deareador continuándose el proceso.

NOTA: Para desincrustar las calderas se tratan con una solución de sosa, sulfito de sodio, silicato de sodio y hexametilfosfato de sodio.

CAPITULO IV

CAPITULO IV
DESCRIPCION DEL MUESTREO

Las muestras se toman en el canal abierto y en las descargas, siendo estas muestras simples.

- 1.- Canal abierto.- Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.
- 2.- Descargas.- Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algun cuerpo receptor.
- 3.- Muestra simple.- Es aquella muestra individual tomada en un corto período y de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para completar el volumen necesario.

Los lugares donde se tomaron las muestras son los siguientes:

- Muestra No. 1.- Tomada en la boca de los cuatro pozos, antes de entrar a la planta de tratamiento de agua cruda.
- Muestra No. 2.- Tomada a la salida de los lavaderos del laboratorio químico.
- Muestra No. 3.- Tomada en la descarga de los sanitarios (baños, gerencia, oficinas y de supervisores).
- Muestra No. 4.- Tomada en la descarga de los digestores, antes de pasar a la tina de lavado.
- Muestra No. 5.- Tomada antes de la pileta de sedimentación.
- Muestra No. 6.- Tomada después de la pileta de sedimentación es decir, esta agua es la que se manda al canal - Anzaldúas.

Muestra No. 7.- Tomada en el canal Anzaldúas a 200 metros, --
antes de la descarga. La corriente de dicho-
canal fluye de poniente a oriente.

Muestra No. 8.- Tomada en el canal Anzaldúas, a 200 metros --
después de la descarga.

Muestra No. 9.- Tomada en el canal Anzaldúas, a 350 metros, -
después de la descarga.

La muestra se toma:

- 1.- A la salida de los pozos para conocer las características que presenta el agua de que dispone la fábrica.
- 2.- Debido a que la descarga de los laboratorios se mezcla -- con el licor negro y es mandada a las piletas de evaporación.
- 3.- Debido a que el número de empleados es de aproximadamente 126 en el transcurso de 24 horas.
Esta muestra no se tomó porque hubo una obstrucción en la tubería de licor negro, el cual descarga en la misma lí--nea que esta agua.
- 4.- En esta descarga se tiene la mayor concentración de licor negro.
- 5.- En esta descarga se pueden reunir las aguas de la tina No. 3, de la cisterna y la de blanqueo.

- 6.- Porque el agua que sale de la pileta de sedimentación se puede mandar al canal Anzaldúa (Este a su vez desemboca en el Río Bravo), a la presa oriente y a las piletas de evaporación.
- 7 y 8.- Porque en el mismo canal descargan otras industrias y es necesario hacer una comparación de las características del agua del canal antes y después de la descarga de la fábrica de celulosa.
- 9.- Por las mismas razones que las dos anteriores y además es necesario conocer el funcionamiento del tratamiento natural del agua.

METODOS DE ANALISIS

TEMPERATURA.

El concepto de temperatura se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sistemas.

Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y bioquímicas de los cuerpos de aguas. Es -- por esto que es importante su determinación en cualquier intento de evaluar la calidad de las aguas. Su importancia puede resumirse bajo los siguientes aspectos:

- a).- Es un elemento fundamental en el ciclo hidrológico, influyendo principalmente en la evaporación y transpiración.
- 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 climáticos, gobiernan la disipación de calor de los cuerpos de agua, lo cual es especialmente importante cuando éstos se encuentran sujetos a descargas térmicas.
- d).- La temperatura del agua es importante para la conservación de la vida acuática.

e).- Parámetros físicos y químicos que tienen importancia sanitaria, tales como la densidad, la conductividad, el pH, etc., son influenciados por la temperatura.

Bajo condiciones naturales (sin influencia de contaminación térmica), el medio meteorológico determina la temperatura de los cuerpos de agua. Estos pueden incrementar su temperatura principalmente por la radiación que proviene del sol y de la atmósfera de la tierra, y reducirla por los procesos de evaporación, conducción y radiación emitida. El balance de energía que se establece a través de estos mecanismos, y sus variaciones diurnas y estacionales, ocasionan oscilaciones en la temperatura de los cuerpos de agua que pueden predecirse con bastante exactitud.

Desde el punto de vista sanitario merece especial consideración los efectos de la temperatura en los procesos de autopurificación. De los distintos tipos de desechos, la temperatura juega sin duda un papel fundamental en la autopurificación de los desechos orgánicos; afectando simultáneamente la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto y la rapidez de aereación.

PROCEDIMIENTO:

Las lecturas deben hacerse con el termómetro sumergido en el agua, después de haberla agitado uniformemente, con el objeto de que el sistema esté a una temperatura constante.- Este dato debe ser representativo de la temperatura de la corriente en el tiempo que se colecte la muestra. Por consiguiente, la temperatura debe tomarse en el punto de muestreo.

pH.-

El símbolo pH representa el "potencial de iones hidrógeno" o "exponente de hidrógeno", y ha sido adoptado universalmente por la comodidad que presta para expresar la concentración de iones hidrógeno, o más precisamente, de la actividad del ión hidrógeno, en moles por litros, sin necesidad de recurrir a anotaciones largas y complicadas.

El pH es importante en todas las fases de la práctica de ingeniería sanitaria. En el campo de abastecimiento de aguas, es un factor que debe ser considerado en la coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de la corrosión. En el tratamiento de aguas residuales y desechos industriales en el que se emplean procesos biológicos, el pH debe ser controlado dentro de un ámbito favorable a los microorganismos. Tanto un pH elevado como bajo puede ser perjudicial, ocasionando la muerte de los peces y la esterilidad general en

corrientes naturales, e inactivando los microorganismos esenciales en los procesos de tratamiento de aguas residuales. - Los residuos de bajo pH son corrosivos para las estructuras de acero y concretos en los sistemas de vías acuáticas o de alcantarillado. Afortunadamente los valores extremos de pH en aguas residuales se eliminan por neutralización.

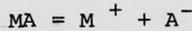
PROCEDIMIENTO:

Método electrométrico.- Este método usa electrodos de vidrios y de referencia con un potenciómetro comercial, es el procedimiento común para medir el pH.

Normalización de los electrodos y del equipo.- El aparato se debe comprobar a 20°C con dos soluciones amortiguadoras, empleando generalmente la solución amortiguadora de Bórax, 0.01 M, para un pH de 9.22 y la solución amortiguadora de ftalato ácido de potasio 0.05 M para un pH de 4.0. Los electrodos se deben enjuagar perfectamente y deben quedar sumergidos en agua destilada, hasta que sean usados nuevamente.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:

La conducción de un corriente eléctrica en agua puede explicarse por medio de la teoría de la disociación electrolítica. Esta teoría establece que cuando se disuelve en agua un ácido, una base o una sal, una porción considerable de la misma se disocia espontáneamente en iones positivos y negativos esto es:



Estos iones se pueden mover independientemente, y son -- guiados a los electrodos del signo opuesto por el campo eléctrico aplicado.

La proporción de moléculas que se disocian en iones, depende de la concentración de la solución. En soluciones ex-- tremadamente diluídas casi la totalidad del ácido, base o sal esta disociada en iones.

Las soluciones, al igual que los conductores metálicos, -- obedecen la ley de Ohm, excepto en condiciones tan anormales -- como voltajes muy elevados o corrientes de frecuencia muy -- alta.

Si en una solución electrolítica se colocan dos electro-- dos de área A, separados por una distancia d, y se aplica un -- campo eléctrico E, la diferencia de potencial V entre los --- electrodos será:

$$V = Ed \dots\dots\dots (1)$$

Se define la Conductancia específica σ , o también lla-- mada conductividad por la relación:

$$\sigma = \frac{J}{E} \dots\dots\dots (2)$$

Donde J es la densidad de corriente definida por:

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Siendo I la intensidad de la corriente.

Combinando las ecuaciones (1), (2) y (3) se obtiene que:

$$V = \frac{I d}{\sigma A} \dots\dots\dots (4)$$

La cantidad $\frac{d}{\sigma A}$ representa la resistencia que ofrece el conductor al paso de la corriente y se denota por la letra R :

$$R = \frac{d}{\sigma A} \dots\dots\dots (5)$$

La ecuación (4) es la bien conocida Ley de ohm.

La unidad de resistencia es el ohm, definida como la resistencia que ofrece un conductor al paso de una corriente de un ampere, cuando la diferencia de potencial es de un volt. Al recíproco del ohm se le denomina mho, o tambien siemen. El mho es la unidad de conductancia, definida como el recíproco de la resistencia.

De la relacion (5) se tiene la conductancia específica:

$$\sigma = \frac{d}{RA}$$

La cual se expresa generalmente en mho/cm. Es importante notar que la ecuación anterior permite el cálculo de la conductancia-específica de la disolución, con simplemente conocer su resistencia y las dimensiones de la llamada celda de conductividad.

Se define la constante de la celda de conductividad K como:

$$K = \frac{d}{A}$$

Por lo que la conductividad expresada en términos de la resistencia y la constante de la celda es:

$$\nabla = \frac{K}{R}$$

La medida de la conductancia específica tiene las siguientes aplicaciones:

- a).- Para comprobar la pureza de agua destilada y desionizada.
- b).- Para conocer rápidamente las variaciones de las concentraciones de los minerales disueltos en las muestras de aguas crudas o de desechos. Las variaciones mínimas encontradas en un abastecimiento de agua, bruscamente contrastan con las fluctuaciones que prevalecen en algunas aguas de ríos contaminados. Las aguas domésticas que contienen -- cantidades significativas de desechos pueden también evidenciar una considerable variación diaria. Las mediciones de conductividad, proporcionan una idea de las porciones alícuotas que se deben tomar para las determinaciones químicas comunes, también ofrecen un medio para comprobar los resultados de un análisis químico.
- c).- Las mediciones de conductancia hacen posible determinar -- la cantidad del reactivo iónico necesario en ciertas reacciones de precipitación, el punto final empieza a notarse cuando hay un cambio en la curva de conductividad.

d).- Con frecuencia se puede estimar la cantidad de sólidos disueltos en una muestra de agua, multiplicando la conductancia específica por un factor empírico.

PROCEDIMIENTO:

Primero se calibra el aparato con una muestra de conductividad conocida. Después se introduce la muestra leyéndose directamente en el aparato.

Si la muestra está muy concentrada se diluye a 100 o 1000 partes.

SOLIDOS TOTALES:

Este término se aplica al material que queda en un recipiente previamente tarado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente a una temperatura definida. En cuanto a sólidos, esta determinación es la única de importancia en el campo de abastecimiento de agua: públicos e industriales. En casos que se necesite ablandar el agua, el tipo de procedimiento usado puede ser dictado por el contenido de sólidos totales ya que los métodos de precipitación disminuyen los sólidos y los métodos de intercambio iónico los aumenta.

SOLIDOS DISUELTOS Y SUSPENDIDOS

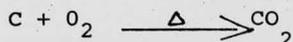
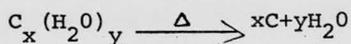
La cantidad y naturaleza de la materia disuelta e insoluble que se presenta en los líquidos varía enormemente.-

En aguas potables, la mayoría de la materia está en forma disuelta y consiste principalmente en: sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. Las determinaciones de las cantidades de materia disuelta e insoluble se efectúan haciendo pruebas en las porciones de muestras filtradas y no filtradas.

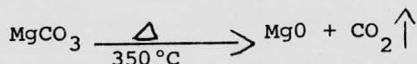
SOLIDOS VOLATILES Y FIJOS

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 un procedimiento de combustión, en el cual la materia orgánica se convierte en CO_2 y H_2O . La temperatura se controla para prevenir la descomposición y volatilización de las sustancias inorgánicas. La pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica.

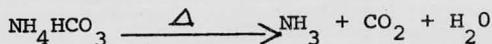
El procedimiento es llevar la calcinación a 550°C . Aproximadamente a temperaturas inferiores a ésta, la materia orgánica, particularmente residuos de carbón resultante de la pirólisis de carbohidratos, puede ser oxidada a una velocidad razonable.



Por consiguiente, a 550°C la descomposición de las sa les inorgánicas es reducida. Cualquier compuesto de amonio, no liberado durante el secado, es volatilizado, pero la mayoría de otras sales inorgánicas son relativamente estables, con excepción del carbonato de magnesio, como se muestra en la ecuación:



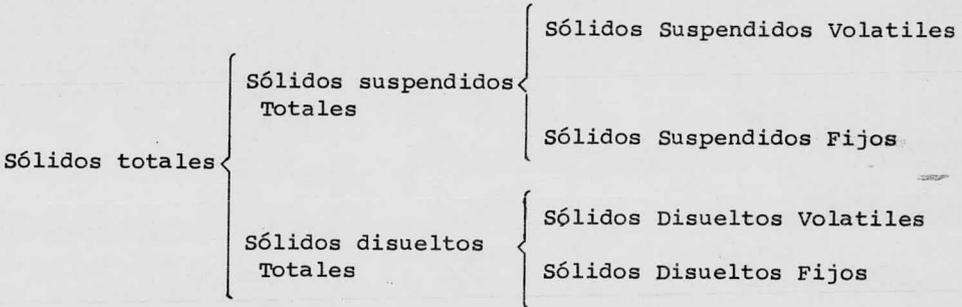
En la determinación del contenido volátil de sólidos-suspendidos, las sales inorgánicas disueltas no se consideran, -debido a que se eliminan durante el procedimiento de filtración. En análisis de lodos, los compuestos de amonio que existen prin cipalmente como bicarbonatos de amonio, se volatilizan completa mente durante los procedimientos de evaporación y secado, y no están presentes para interferir en 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 producen serios errores en las determinaciones de só lidos volátiles cuando no se controlan las temperaturas de calci-nación. El CaCO_3 se descompone a temperaturas superiores a 825°C, siendo uno de los componenetes mayores de las sales inorgánicas-

normalmente presentes en las muestras sujetas a análisis de sólidos volátiles, su descomposición puede ocasionar errores significativos. Si las calcinaciones se efectúan adecuadamente, la pérdida de peso es una medida razonablemente exacta de la materia orgánica y el residuo remanente o ceniza, representa -- los sólidos fijos.



SOLIDOS SEDIMENTABLES

Este término se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan por influencia de la gravedad; sólo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con una gravedad específica mayor que la del agua. Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables. Su medida es importante en ingeniería sanitaria-práctica para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de aguas naturales.

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes. Primero se usa extensamente en el análisis

de aguas residuales industriales, para determinar la necesidad y el diseño de tanques de sedimentación primaria en plantas -- que emplean procesos de tratamiento biológico. La prueba se -- usa también, en forma amplia, en la operación de plantas de -- tratamiento de aguas residuales para determinar la eficiencia- de las unidades de sedimentación.

La prueba se efectúa ordinariamente en un cono de -- Imhoff, permitiendo un tiempo de sedimentación de 1 hora. Las muestras se deben ajustar casi a la temperatura ambiente, y de ben llevarse a cabo en lugares en donde la luz directa del sol no interfiera con la sedimentación normal de los sólidos. Los resultados se reportan en ml/l de sólidos sedimentables.

La U. S. Public Health Service Standards recomienda- un contenido de sólidos de 500 ml/l.

Agua con alto contenido de sólidos pueden ser laxan- tes, son inferiores en cuanto a sabor, y pueden ocasionar otras molestias en personas no acostumbradas a su ingestión.

PROCEDIMIENTO.

- 1.- La cápsula de porcelana y el gooch se taran previamente.
- 2.- A la cápsula se agregan 100 ml. de muestra y en el gooch - se filtra la misma cantidad de muestra.

- 3.- Se meten ambos a la estufa a 103°C durante una hora (en -
éste paso se evapora agua).
- 4.- Se dejan enfriar y se taran ambos
- 5.- Se meten a la mufla a 550°C durante 20 minutos
- 6.- Dejar enfriar y tarar nuevamente

Cálculos

- A - masa de la cápsula
 - B - Sólido en cápsula - cápsula (103°C)
 - C - Sólido en cápsula - cápsula (550°C)
 - D - Masa del gooch
 - E - Sólido en gooch - gooch (103°C)
 - F - Sólido en gooch - gooch (550°C)
- 1.- ST - sólidos totales
 - 2.- SST - sólidos suspendidos totales
 - 3.- SFT - sólidos fijos totales
 - 4.- SVT - sólidos volátiles totales
 - 5.- SDT - sólidos disueltos totales
 - 6.- SSF - sólidos suspendidos fijos
 - 7.- SSV - sólidos suspendidos volatiles
 - 8.- SDV - sólidos disueltos volatiles
 - 9.- SDF - sólidos volatiles fijos

$$1.- ST = \frac{B \times 1000}{100} \text{ ppm}$$

$$2.- SST = \frac{E \times 1000}{100} \text{ ppm}$$

$$3.- \text{ SFT} = \frac{\text{C} \times 1000}{100} \text{ ppm}$$

$$4.- \text{ SVT} = \text{ST} - \text{SFT} \text{ ppm}$$

$$6.- \text{ SSF} = \frac{\text{F} \times 1000}{100} \text{ ppm}$$

$$5.- \text{ SDT} = \text{ST} - \text{SSF} \text{ ppm}$$

$$7.- \text{ SSV} = \text{SST} - \text{SSF} \text{ ppm}$$

$$8.- \text{ SDV} = \text{SVT} - \text{SSV} \text{ ppm}$$

$$9.- \text{ SDF} = \text{SFT} - \text{SSF} \text{ ppm}$$

Ejemplo:

$$\text{ST} = \frac{187.1 \times 1000}{100} = 1871 \text{ ppm}$$

$$\text{SST} = \frac{1.0 \times 1000}{100} = 10 \text{ ppm}$$

$$\text{SFT} = \frac{158.1 \times 1000}{100} = 1581 \text{ ppm}$$

$$\text{SVT} = 1871 - 1581 = 290 \text{ ppm}$$

$$\text{SDT} = 1871 - 10 = 1861 \text{ ppm}$$

$$\text{SSF} = \frac{0.3 \times 1000}{100} = 3 \text{ ppm}$$

$$\text{SSV} = 10 - 3 = 7 \text{ ppm}$$

$$\text{SDV} = 290 - 7 = 283 \text{ ppm}$$

$$\text{SDF} = 1581 - 3 = 1578 \text{ ppm.}$$

ALCALINIDAD

La alcalinidad de las aguas naturales es debida principalmente a sales de ácidos debiles, contribuyendo también las bases débiles y fuertes. Los bicarbonatos representan la princi--pal forma de alcalinidad, siendo formados por la acción del CO_2 sobre materiales básicos en el suelo. Otras sales de ácidos dé-biles tales como boratos, silicatos y fosfatos pueden estar pre-sentes en pequeñas cantidades. Algunos ácidos orgánicos poco re-sistentes a la oxidación biológica forman sales, aumentando así-
la alcalinidad del cuerpo de agua. En aguas contaminadas y anae-robias, sales de ácidos débiles tales como acético, propiónico e hidrosulfúrico, pueden ser producidas, contribuyendo por tanto - a la calcalinidad. Tambien los hidróxidos y el amoniaco contri-buyen a la alcalinidad total del agua. Aunque son muchos los --
materiales que pueden contribuir a la alcalinidad en las aguas - naturales o tratadas, se debe principalmente a los hidróxidos, - carbonatos y bicarbonatos presentes.

PROCEDIMIENTO

A una muestra de 50 ml se agregan 2 ó 3 gotas de fenoftaleína, si dan color se valora con la solución de HCl 0.1 - 0.2 N hasta la desaparición de color rosa. Se agrega a la misma --- muestra 2 gotas de anaranjado de metilo y se valora con el mismo ácido hasta la aparición del color canela del indicador.

De acuerdo con los gastos de la solución de HCl con -- la fenoftaleína y el anaranjado de metilo se calcula la canti---

dad de iones presentes como sigue:

$$M = 0 \quad \text{OH}^- = F \times \text{pe. OH}^- \times N \times \text{dilución} = \text{ppm OH}^-$$

$$F > M \quad \text{OH}^- = (F-M) \times \text{pe. OH}^- \times N \times \text{dilución} = \text{ppm OH}^-$$

$$\text{CO}_3^{2-} = 2M \times \text{pe CO}_3^{2-} \times N \times \text{dilución} = \text{ppm CO}_3^{2-}$$

$$F < M \quad \text{CO}_3^{2-} = 2F \times \text{pe CO}_3^{2-} \times N \times \text{dilución} = \text{ppm CO}_3^{2-}$$

$$\text{HCO}_3^- = (M-F) \times \text{pe HCO}_3^- \times N \times \text{dilución} = \text{ppm HCO}_3^-$$

$$F = 0 \quad \text{HCO}_3^- = M \times \text{pe HCO}_3^- \times N \times \text{dilución} = \text{ppm HCO}_3^-$$

$$F = M \quad \text{CO}_3^{2-} = 2 F \times \text{pe CO}_3^{2-} \times N \times \text{dilución} = \text{ppm CO}_3^{2-}$$

EJEMPLO:

Vol. muestra = 50 ml

$$F = 0.4 \quad M = 2.4$$

$F < M$

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 (0.4) \times 30 \times 0.1001 \times 1000}{50} = 48 \text{ ppm CO}_3^{2-}$$

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(2.4 - 0.4) \times 61 \times 0.1001 \times 1000}{50} = 244 \text{ ppm HCO}_3^-$$

DUREZA

Son consideradas aguas duras, aquellas que requieren de cantidades considerables de jabón para producir espuma, y que también provocan incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calderas, evaporadores, intercambiadores de calor y otras unidades en las cuales la temperatura del agua es incrementada.

La dureza es una característica del agua que representa la concentración total de iones de calcio y magnesio expresados como CaCO_3 , así su clasificación es de la siguiente forma:

0 - 75 mg/l CaCO_3	-----	Suave
75 - 150 mg/l CaCO_3	-----	Poco dura
150 - 300 mg/l CaCO_3	-----	Dura
más de 300 mg/l CaCO_3	-----	Muy dura

La dureza del agua refleja la naturaleza de las formaciones geológicas que ha atravesado, por eso las aguas varían su dureza de un lugar a otro, siendo las superficiales - menos duras que las subterráneas.

Además de la dureza total, en ocasiones es necesario conocer los tipos de dureza presentes. La dureza se clasifica en dos formas: según el ión metálico y según los aniones asociados a los iones metálicos. Existe también la llamada dureza aparente.

Dureza de calcio y Magnesio

Los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} causan la mayor parte de la dureza de aguas naturales. Para poder calcular la cantidad de cal requerida en el proceso de ablandamiento de cal-carbonato de sodio es necesario conocer la dureza de calcio y de magnesio por separado. Como no siempre se cuenta con un análisis completo del agua, se puede recurrir a la medición de la dureza por Ca^{2+} y restar ésta de la dureza total para obtener la dureza por Mg^{2+} .

Dureza total - Dureza Ca^{2+} = Dureza Mg^{2+}

esto da buenos resultados porque la mayor parte de la dureza corresponde a estos dos iones.

PROCEDIMIENTO.

Dureza total.- A una muestra de 50 ml se le agrega -- 1 ml de la solución reguladora, dos gotas de eriocromo negro T- y se valora con la solución de versenato hasta vire del indicador del color vino a azul.

CALCULOS

$$\text{Dureza total} = \frac{\text{ml de versenato} \times \text{conc. en mg CaCO}_3 \times 1000}{\text{ml de muestra}} = \text{ppm CaCO}_3$$

$$\text{Vol. muestra} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Vol. versenato} = 4.75 \text{ ml}$$

$$\text{Dureza total} = \frac{4.75 \times 0.1 \times 1000}{50} = 9.5 \text{ ppm. CaCO}_3$$

Dureza de calcio.- A una muestra de 50 ml se le añade una pizca de cualquiera de los indicadores (Purpurato de amonio, eriocromo azul negro R ó Taylor) 3 ml de la sol. de NaOH y se titula - de la misma manera que en la dureza total.

$$\begin{aligned} \text{Dureza Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3 &= \frac{\text{ml de versenato} \times \text{eq. en CaCO}_3 \times 1000}{\text{ml de muestra}} \\ &= \text{ppm Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\text{ppm Ca}^{2+} = \frac{\text{ppm Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3 \times 20}{50}$$

$$\text{Vol. muestra} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Vol. versenato} = 395 \text{ ml}$$

$$\text{Dureza de Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3 \text{ ppm} = \frac{3.95 \times 0.1 \times 1000}{50} = 7.9 \text{ ppm Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3$$

$$\text{ppm Ca}^{2+} = \frac{7.9 \times 20}{50} = 3.1 \text{ ppm Ca}^{2+}$$

Dureza de Mg²⁺

$$\text{ppm Mg}^{2+} = \text{ppm dureza total} - \text{ppm dureza de Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3$$

Como CaCO₃

$$\text{ppm Mg}^{2+} = 9.5 - 7.9 = 1.6 \text{ ppm Mg}^{2+} \text{ como CaCO}_3$$

Como CaCO₃

$$\text{ppm Mg}^{2+} = \frac{1.6 \times 12}{50} = 0.384 \text{ ppm de Mg}^{2+}$$

CLORUROS

Los cloruros son aniones que están presentes en el agua en diversas concentraciones y normalmente se incrementan con el contenido mineral. En las montañas y en tierras elevadas los abastecimientos de agua son bajos en cloruros, las aguas de los ríos y de los abastecimientos subterráneos generalmente tienen una concentración mayor. En comparación con los casos anteriores, las aguas de los mares y océanos tienen una concentración más elevada por contener los residuos resultantes de la evaporación parcial de las aguas naturales que fluyen hacia ellos. Las descargas industriales elevan mucho la cantidad de cloruros.

Los cloruros en proporciones razonables no son dañinos a la salud, en concentraciones superiores a 250 mg/l dan sabor salino al agua siendo desagradable para el consumo humano. Debido a esto se recomienda un límite de 250 mg/l de cloruros para el uso público. En algunas partes del mundo donde los abastecimientos de agua son escasos se llegan a tener concentraciones de 2 000 mg/l para uso doméstico. Altas concentraciones de cloruros aceleran la corrosión en los reactores, ca-

lentadores etc., además de que interfieren en proceso industriales tales como refinación del azúcar, envasado de alimentos congelados, etc.

PROCEDIMIENTO

A una muestra de 50 ml se agregan 6 gotas de la solución de cromato como indicador y se titula con la sol. de nitrato de plata hasta vire del indicador de amarillo a color carne.

CALCULOS

$$\text{ppm cloruros} = \frac{\text{ml de sol. AgNO}_3 \times N \times \text{eq.} \times 1000}{\text{ml muestra}}$$

$$\text{Vol. muestra} = 50 \text{ ml}$$

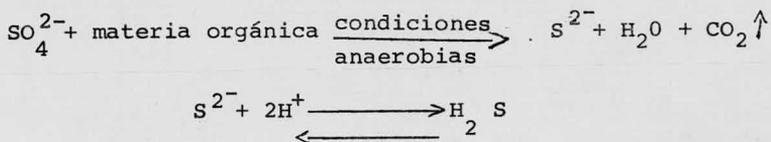
$$\text{Vol. AgNO}_3 = 7.55 \text{ ml}$$

$$\text{ppm Cloruros} = \frac{7.55 \times 0.1002 \times 35.5 \times 1000}{50} = 537.1$$

SULFATOS

Uno de los aniones más importantes que se encuentran presentes en las aguas naturales, es el ión sulfato. Su importancia radica en la tendencia que tiene a formar incrustaciones en calderas e intercambiadores de calor en aguas para abastecimiento público e industrial.

Puede considerarse a los sulfatos como responsables de dos serios problemas relacionados con el manejo y tratamiento de aguas residuales: olor y corrosión de tuberías, resultado de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaerobias, tal como se muestra en las reacciones siguientes:



Dentro del ciclo natural de azufre los sulfatos ocupan un lugar predominante, dado que la mayoría de las transformaciones que en él ocurren dan lugar a oxidaciones o reducciones que conducen a este anión.

El oxígeno disuelto tiene la capacidad de oxidar los sulfitos a sulfatos en un ámbito de pH superior a 8; por lo que es conveniente para evitar esto que las muestras se ajusten a un pH inferior a 8.

A su vez también es recomendable conservar dichas muestras a bajas temperaturas o preservarlas con adición de formaldehído con el fin de evitar que en presencia de materia orgánica cierto tipo de bacterias puedan reducir los sulfatos a sulfuros.

La presencia en exceso de sulfatos en aguas para consumo humano, provocan efectos purgantes en las personas que

las ingieren, razón por la cual se recomienda como concentración máxima de sulfatos para aguas de abastecimiento público, 250 mg/l. Otro problema causado por estos aniones es la corrosión en los drenajes, provocado por el tiempo de retención de los desechos domésticos en estos conductos, lo que crea -- una elevada concentración de sulfatos que al ser reducidos y posteriormente oxidados por la acción bacteriana a ácido sulfúrico, da lugar a la corrosión en la corona de concreto de las alcantarillas. Esto puede ser reducido notablemente si se proporciona una debida ventilación que cambie las condiciones anaerobias en aerobias.

El contenido de sulfatos en aguas naturales, es de importante consideración en la determinación de su utilidad para abastecimiento público e industrial. La cantidad de sulfatos en aguas residuales, es un factor de cuidado en la determinación de los problemas que pueden surgir de la reducción de sulfatos a sulfuro de hidrógeno. En la digestión anaerobia de lodos y desechos industriales, los sulfatos son reducidos a sulfuros de hidrógeno (H_2S), el cual es desprendido con metano y dióxido de carbono.

Muchos compuestos orgánicos contienen azufre como sulfatos, sulfonatos, o sulfuros. Durante el tratamiento aeróbico de tales desecho, el completo aprovechamiento o catabolismos, resulta de liberar orgánicamente el azufre como ion sulfato.

Las determinaciones de sulfatos están siendo usadas en trabajos de investigación como un medio de demostrar la -- biodegradación de sulfatos de alquilo y sulfonatos de alquilo bencilo usados en la producción de detergentes sintéticos.

METODO TURBIDIMETRICO.- El método turbidimétrico para la medición de sulfatos está basado en el hecho de que el ión sulfato se precipita con cloruro de bario en un medio de ácido clorhídrico en condiciones que permitan la formación de sulfato de bario de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia de la suspensión de sulfato de bario por medio de un nefelómetro o fotómetro de transmisión y se determina la concentración del ión sulfato por comparación con una curva de patrones. Este método es muy rápido y exacto, teniendo extensas aplicaciones, puesto que muestras con concentraciones de sulfatos mayores de 10 mg/l pueden ser analizadas, tomando pequeñas porciones y diluyéndolas al volumen de la muestra recomendada. Por lo anterior se ha visto que es el método más adecuado para la determinación de sulfatos.

Una gama apropiada de patrones es de 0 a 40 mg/l, del ión sulfato, en incrementos de 5 mg/l. Arriba de 40 mg/l disminuye la exactitud del método y las suspensiones de sulfato de bario pierden su estabilidad.

Se debe practicar una corrección por la turbiedad -

aparente de las muestras, llevando testigos a los que no se agrega el cloruro de bario.

Se deben comprobar las condiciones de estabilidad, llevando una muestra patrón con cada tres o cuatro muestras desconocidas. Se agregan los mismos reactivos y en las mismas cantidades que para las muestras. Se prepara un testigo con agua destilada.

CALCULOS

$$\text{ppm SO}_4^{2-} = \frac{\text{mg de SO}_4^{2-} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

$$\text{Vol. muestra} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Absorbancia} = 1.4\%$$

$$\text{mg de SO}_4^{2-} = 11.64 \text{ mg.}$$

$$\text{ppm} = \frac{11.64 \times 1000}{50} = 232.8 \text{ ppm SO}_4^{2-}$$

OXIGENO DISUELTO

Todo organismo vivo depende de oxígeno en forma u ---
otra para mantener los procesos metabólicos que producen energía
para su crecimiento y reproducción. Los procesos aerobios son -
de particular interés por su requerimiento de oxígeno libre. El
ingeniero sanitario, a parte de su interés por las condiciones -
atmosféricas en relación con el hombre, tiene vital preocupación
por las "condiciones atmosféricas" de líquidos, siendo el agua -
el líquido de mayor abundancia e importancia. Todos los gases -

de la atmósfera son solubles en el agua hasta cierto grado. Tanto el oxígeno como el nitrógeno están clasificados como poco solubles, y como no reaccionan químicamente con el agua, su solubilidad está en proporción directa con sus presiones parciales.

La ley de Henry se puede usar para calcular las concentraciones de saturación a cualquier temperatura. La solubilidad depende de la temperatura y la cantidad de sólidos disueltos en el agua.

Bajo las condiciones atmosféricas de presiones parciales, la cantidad de nitrógeno disuelto es mayor a la de oxígeno. En condiciones de saturación, los gases disueltos contienen 38% de oxígeno, casi el doble que en la atmósfera normal.

La solubilidad del oxígeno atmosférico en agua dulce va de 14.6 mg/l hasta 7 mg/l a 35°C bajo una atmósfera de presión.

En aguas residuales, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos se llevan a cabo por -- organismos aerobios o anaerobios. Los primeros utilizan oxígeno libre para oxidar la materia orgánica e inorgánica y producen productos finales inocuos, mientras que los segundos logran la oxidación mediante la reducción de ciertas sales inorgánicas como sulfatos, y los productos finales muchas veces son repugnantes. Como los dos tipos de organismos se encuentran ampliamente en la naturaleza, es muy importante mantener las condiciones favorables a los organismos aerobios, para evitar las condiciones-

indeseables provocadas por los organismos anaerobios.

La determinación de oxígeno disuelto se usa también - para controlar la contaminación de ríos. Es deseable mantener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de - la población normal de peces y otros organismos acuáticos. Sirve como base para la determinación de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y como tal es la determinación más importante para evaluar la capacidad contaminante de las aguas residuales.

El oxígeno es un factor importante en la corrosión del hierro y acero, particularmente en los sistema de distribución y en calderas.

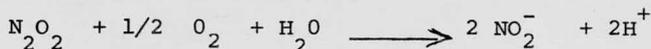
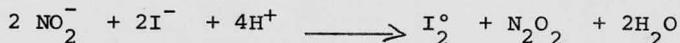
Se remueve oxígeno del agua de calderas mediante tratamientos físicos y químicos y la determinación de OD (oxígeno disuelto) sirve como prueba de control.

Método.- Modificación de la azida del Método de Winkler.

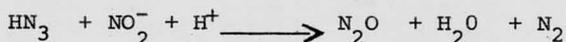
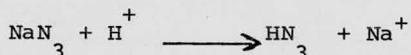
El ión nitrito es una de las interferencias más frecuentes en la determinación de oxígeno disuelto. Este ión se presenta principalmente en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas que emplean procesos biológicos, en aguas de ríos y en muestras incubadas de DBO. Oxida el I^- a I_2 libre en condiciones ácidas y su forma reducida resultante, $N_2O_2^-$, es oxidada por el oxígeno que entra en la muestra durante su titulación, convirtiéndose de nuevo en NO_2^- estable--

ciéndose de nuevo un ciclo que da resultados erróneamente altos.

Las reacciones son como sigue:



Cuando el ión nitrito está presente es imposible obtener un punto final permanente. Esta interferencia se elimina por el uso de la azida de sodio (NaN_3). Cuando se agrega el ácido sulfúrico ocurren las siguientes reacciones:



PROCEDIMIENTO

Para fijar el oxígeno se adicionan, a la botella de DBO conteniendo a la muestra, 2 ml de sulfato manganoso (MnSO_4) con una pipeta graduada cuidando que la punta de la misma penetre aproximadamente 0.5 cm. en el seno del agua.

A continuación se agregan 2 ml del reactivo denominado álcali-yoduro-nitruro, que es una solución de hidróxido de sodio, yoduro de potasio y nitruro de sodio; la adición se hace de la misma forma que el reactivo anterior.

Al hacer esta adición se forma un precipitado café, - si hay oxígeno disuelto, en caso negativo el precipitado será - blanco. Una vez formado el precipitado café se tapa la botella de DBO y se agita vigorosamente durante unos 30 segundos, 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.

Se pasa una alícuota de 100 ml a un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se titula con una solución valorada de tiosulfato - de sodio 0.025 N hasta un color amarillo paja pálido. Agregar 1-2 ml de almidón y se continua la titulación hasta la primera desaparación del color azul.

CALCULOS

$$\text{ppm de OD} = \frac{\text{ml de tiosulfato} \times N \times \text{Eq} \times 1000}{\text{Vol. de muestra}}$$

Corrección por la adición de reactivos

Reactivos agregados = 4 ml (2 ml de sulfato manganoso + 2 ml - de alcali-yoduro-nitruro) en 140 ml de muestra original

Se toma muestra de 50 ml.

$$\frac{140}{(140-4)} = \frac{50}{X} ; \quad X = 48.6 \text{ ml}$$

Sustituyendo y rectificando el volumen de muestra:

$$\text{ppm de OD} = \frac{\text{ml de tiosulfato} \times 0.025 \text{ N} \times 8 \times 1000}{48.6}$$

$$\text{Factor cte.} = \frac{0.025 \text{ N} \times 8 \times 1000}{48.6} = 4.11$$

$$\text{ppm de OD} = \text{ml de tiosulfato} \times 4.11$$

EJEMPLO:

$$\text{Vol. de tiosulfato} = 1.2$$

$$\text{ppm de OD} = 1.2 \times 4.11 = 4.93 \text{ ppm O}_2$$

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

La prueba analítica de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de aguas residuales, por medio de una población microbiana heterogénea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos que comprende la medida del oxígeno consumido por los organismos vivos (principalmente bacterias) para 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 aerobias, es llevada hasta una oxidación completa, es decir, hasta dióxido de carbono, agua y amoníaco.

La cantidad de oxígeno requerida para dicha oxidación se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación a 25°C.

Teóricamente se requiere un tiempo infinito para la oxidación biológica completa de la materia orgánica, pero para los fines prácticos, la reacción se puede considerar completa a los 20 días. Sin embargo, un período de 20 días todavía es grande para esperar resultados en la mayoría de los casos. Se ha encontrado, por experiencia, que un porcentaje razonable la DBO total se logra en 5 días, aproximadamente 70-80% en aguas residuales domésticas e industriales, por consiguiente, el período de 5 días de incubación se ha aceptado como normal.

La demanda de oxígeno de las aguas residuales y de los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales es ejercida por 3 clases de materiales: a) material orgánico carbonoso utilizable como fuente de alimento por los organismos aeróbicos; b) nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuesto de nitrógeno orgánico que sirven como alimento para bacterias específicas (nitrosomonas y nitrobacter); y c) ciertos compuestos químicos reductores (hierro ferroso, sulfitos, sulfuros y aldehidos) que reaccionan con el oxígeno disuelto molecular. En aguas residuales domésticas cru

das y sedimentadas, gran parte de la demanda de oxígeno se debe a la primer clase de materiales y se determina por la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno. En efluentes tratados biológicamente, una proporción considerable de la demanda de oxígeno puede ser debida a la oxidación de los compuestos de la clase - b) y tambien se incluyen en la prueba de DBO. Los materiales - existentes de la clase c) no pueden ser incluidos en la prueba de DBO pero deben tomarse en cuenta. La demanda de oxígeno de tal substrato se denomina demanda inmediata de oxígeno disuelto (DIO), la cual no representa necesariamente la oxidación inmediata por el oxígeno disuelto (OD) molecular, si no que tambien -- representa una oxidación por el yodo liberado en el paso de acidificación del método yodométrico.

CALCULOS

$$\text{ppm de D.B.O.} = \frac{\text{D.B.O.}_i - \text{D.B.O.}_f}{\% \text{ de dilución (expresado en decimales)}}$$

$$\text{D.B.O.}_i = \frac{a \times N \times \text{Meq.} \times 1000}{\text{ml de muestra}} \quad \text{D.B.O.}_f = \frac{b \times N \times \text{Meq.} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

a = ml de Tiosulfato gastados inicial

b = ml de Tiosulfato gastados al quinto día

$$\text{Vol. corregido} \frac{300}{300-4} = \frac{100}{x}, \quad x = 98.7$$

EJEMPLO:

$$a = 4.5 \text{ ml}$$

$$b = 4.45 \text{ ml}$$

$$\text{D.B.O.}_i = \frac{4.5 (0.025) (8) (1000)}{98.7} = 9.1185$$

$$\text{D.B.O.}_f = \frac{4.45 (0.025) (8) (1000)}{98.7} = 9.0172$$

$$\text{D.B.O.} = \frac{9.1185 - 9.0172}{0.10} = 1.013 \text{ ppm}$$

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

La determinación de la demanda química de oxígeno -- (DQO), proporciona la medida del oxígeno que es equivalente a la porción de materia orgánica, presente en una muestra de agua, capaz de oxidarse por procedimientos químicos (oxidante fuerte).

Una de sus principales limitaciones es su incapacidad para diferenciar la materia orgánica biológicamente oxidable de la inerte. Además, no proporciona una evidencia de la velocidad a la cual el material biológicamente activo se estabilizaría en las condiciones que existen en la naturaleza.

Su mayor ventaja es la rapidez con que se efectúa, ya que se necesitan tres horas como máximo para su valoración en lugar de los 5 días que se requieren para medir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

RELACION ENTRE LA DQO Y DBO

No es posible establecer relaciones fijas entre la DBO y la DQO antes de que una muestra dada haya sido determinada para ambos parámetros.

Solo se podrá establecer si la muestra esta compuesta principalmente por sustancias oxidables por ambos procedimientos. Cuando los desechos se caracterizan por el predominio de materia que puede ser química y no bioquímicamente oxidad, la DQO será mayor que la DBO.

La demanda química de oxígeno es un parámetro importante y rápido para determinar el grado de contaminación de -corrientes y aguas residuales industriales y para el control-de las plantas de tratamientode aguas de desecho. Junto con la prueba de la DBO, la DQO es útil para indicar la presencia de sustancias tóxicas y de sustancias orgánicas resistentes biológicamente.

METODO (DICROMATO DE POTASIO)

Se han propuesto varias sustancias para la determinación de la demanda química de oxígeno, pero se ha encontrado que el dicromato de potasio es el más práctico de todos, ya que es un oxidante potente en soluciones fuertemente ácidas, es capaz de oxidar una amplia variedad de sustancias orgáni-cas casi completamente a dióxido de carbono y agua. Además, -

es un compuesto relativamente barato y puede ser obtenido en un elevado grado de pureza. Este método se basa en que muchos tipos de materia orgánica son destruidos por mezcla de ácidos crómico y sulfúrico en ebullición. Consiste en someter una muestra en reflujo, conteniendo materia orgánica, con ácido sulfúrico y dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) valorado. Durante el período de reflujo, la materia oxidable reduce una cantidad equivalente de $K_2Cr_2O_7$; el remanente es valorado con una solución de sulfato ferroso amoniacal de concentración conocida. La cantidad de $K_2Cr_2O_7$ reducido (cantidad de $K_2Cr_2O_7$ agregado menos cantidad de $K_2Cr_2O_7$ restante) es una medida de la cantidad de materia orgánica oxidada.

El ión ferroso es un agente reductor excelente para el dicromato de potasio. Sus soluciones se preparan con sulfato ferroso amoniacal, el cual se obtiene en forma pura y estable. En solución, sin embargo, como casi todas las soluciones de agentes reductores, es lentamente oxidado por el oxígeno del aire, por eso se requiere que se valore cada vez que se use, ésto se hace con solución de dicromato de potasio de concentración conocida. La reacción entre el sulfato ferroso amoniacal y el dicromato de potasio se presenta como sigue:



Como en el caso de la oxidación biológica, no todos los compuestos son oxidados por éste método químico. Algunos compuestos son oxidados completamente, sin dificultad, como: - azúcares, cadenas alifáticas ramificadas y anillos bencenicos sustituidos.

Otros compuestos no son oxidados por éste método, - entre los principales se encuentran: benceno, tolueno y piridina.

Algunos compuestos son parcialmente oxidados, pero se puede aumentar la eficiencia de la oxidación mediante la adición de sulfato de plata como catalizador a la solución de reflujo, dichos compuestos son por ejemplo, cadenas de ácidos lineales, alcoholes y aminoácidos. No hay ventaja en usar el catalizador en presencia de hidrocarburos aromáticos.

Generalmente se podría esperar que la DBO última de un agua residual se aproximará a la DQO, pero hay muchos factores que desmienten esta información:

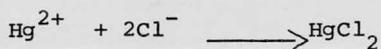
I) Muchos compuestos orgánicos que son oxidables por el dicromato de potasio no son oxidables bioquímicamente.

II) Ciertas substancias inorgánicas como hierro ferroso, sulfuros, sulfitos, tiosulfatos y nitritos son oxidados por el dicromato, creando una DQO inorgánica, la cual interfiere cuando se estima el contenido orgánico de un agua residual.

Ciertos iones inorgánicos reducidos pueden ser oxidados en las condiciones de la prueba de DQO y, por consiguiente, ocasionar resultados erróneamente altos. Los cloruros causan el problema más serio, debido a su concentración relativamente grande en la mayoría de las aguas residuales:



Afortunadamente, esta interferencia se puede eliminar por la adición de sulfato mercúrico a la muestra antes de la adición de los otros reactivos. El ión mercúrico se combina con el ión cloruro para formar el cloruro mercúrico escasamente ionizado.



Si se agrega una cantidad insuficiente de sulfato mercúrico, HgSO_4 , el exceso de cloruros precipitará el catalizador como sigue:



Como la presencia del catalizador de plata es esencial para la oxidación de los compuestos anteriormente mencionados, se puede esperar resultados erróneamente bajos de la DQO.

Los nitritos se oxidan a nitratos y su interferencia se puede eliminar por la adición de ácido sulfámico a la solución de dicromato de potasio. Sin embargo, rara vez se presentan cantidades significativas en aguas residuales o en aguas naturales.

CALCULOS

$$\text{ppm de DQO} = \frac{(a - b) N \times \text{meq} \times 1000}{\text{ml de muestra}} = \frac{(a - b) N \times 8000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

DQO = Demanda química de oxígeno al dicromato

a = ml de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usados para el testigo

b = ml de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usados para la muestra

N = normalidad del $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

meq = miliequivalente del oxígeno

EJEMPLO:

Volumen de la muestra = 20 ml

a = 10.4 ml

b = 10.0 ml

N = 0.25

Sustituyendo:

$$\text{ppm de DQO} = \frac{(10.4 - 10.0) \times 0.25 \times 8000}{20} = 40$$

NITROGENO

Los diferentes tipos de nitrógeno son de gran interés, debido a la importancia que tienen en los procesos de plantas y animales. El N tiene varios cambios de valencia inducidos por organismos vivos. Las bacterias efectúan cambios de valencias, -positivas o negativas dependiendo de las condiciones previas --- aerobias o anaerobias que existan.

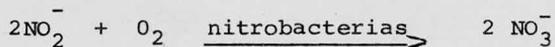
Compuestos de nitrógeno	Nitrógeno Amoniacal	Derivados Orgánicos	Anhidrido del Ac.- Nitroso	Anhidrico del Ac.- Nítrico
	NH_3		N_2O_3	N_2O_5
Valencia de				
Nitrógeno	3^-	0	3^+	5^+

La relación que existe entre las diversas formas de -- nitrógeno y los cambios que pueden existir en la naturaleza, se ilustran en el diagrama del ciclo del nitrógeno.

Los desechos humanos y animales transportados por las aguas residuales contienen nitrógeno en forma orgánica. En con condiciones aerobias, las bacterias autótrofas nitrificantes (el - grupo de las nitrosomonas) convierten al amoniaco en nitritos, - aprovechando la energía generada en tal oxidación.



Los nitritos, a su vez, son oxidados a nitratos por el grupo nitrobacter:



En condiciones anaeróbicas, los nitratos y nitritos son reducidos mediante el proceso llamado desnitrificación. - Posiblemente los nitratos son reducidos a nitritos y a continuación se efectúa la reducción de los nitritos. Contadas bacterias reducen los nitritos a amoníaco; la mayoría de ellas, - lo reducen a nitrógeno gaseoso el cual escapa a la atmósfera. - La ventaja de la desnitrificación, es la eliminación del nitrógeno de los desechos, cuando esto es requerido para la prevención del crecimiento indeseable de algas y otras plantas acuáticas en cuerpo de agua receptores.

CALCULOS

$$\text{ppm de Nitrógeno total} = \frac{(a - b) N \times \text{meq} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

a = volumen de la muestra

b = volumen del testigo

$$\text{ppm N}_t = \frac{(0.4 - 0.2) (28) (0.02) (1000)}{400} = 0.28$$

FOSFATOS TOTALES Y ORTOFOSFATOS

El fósforo se encuentra en las aguas naturales casi únicamente en forma de diversos tipos de fosfatos. Estas formas son comúnmente ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta y polifosfatos) y fosfatos orgánicos. Pueden presentarse en forma soluble en partículas de desechos o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Las diversas formas de fosfatos provienen de una gran variedad de fuentes. Cantidades pequeñas de ciertos fosfatos condensados son agregados a algunos abastecimientos de agua durante el tratamiento.

Cantidades mayores de los mismos compuestos pueden ser agregados cuando el agua se usa para el lavado u otro tipo de limpieza, puesto que estos materiales son constituyentes principales de muchas preparaciones comerciales de limpieza. Los ortofosfatos aplicados a la agricultura como fertilizantes, son llevados a las aguas superficiales con las corrientes de desagüe y en menor grado con el deshielo. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por consiguiente llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos, o pueden formarse de los ortofosfatos en los procesos de tratamientos biológicos o por la vida presente en el agua receptora.

El fósforo es un elemento que es esencial para el -- crecimiento de los organismos y puede ser, a menudo, el nutriente que limita el crecimiento de ellos que un cuerpo de agua -- puede soportar. En casos en los que el fósforo es un nutriente limitante del crecimiento, la descarga de aguas negras crudas o tratadas, del drenado agrícola o de ciertos residuos industriales a una agua receptora puede estimular el crecimiento, en cantidades molestas, de micro y macro organismos acuáticos fotosintéticos.

Los fosfatos se presentan en los sedimentos bentales y en los lodos biológicos, como formas inorgánicas precipitadas e incorporadas en los compuestos orgánicos.

Los ortofosfatos más importantes son:

Fosfato trisódico: Na_3PO_4

Fosfato disódico: Na_2HPO_4

Fosfato monosódico: NaH_2PO_4

Fosfato diamónico: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Los polifosfatos más importantes son:

Hexametáfosfato de sodio: $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$

Tripolifosfato de sodio: $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

Pirofosfato tetrasódico: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

El contenido total de fosfatos en la muestra incluye todos los ortofosfatos y polifosfatos solubles y los fosfatos --

insolubles precipitados durante el almacenamiento. Si están presentes fosfatos insolubles para fines prácticos se toman como ortofosfatos insolubles.

Los fosfatos condensados como piro-tripolifosfatos y las especies de peso molecular elevado (fosfatos comerciales como hexametafosfatos) no están presentes normalmente en aguas naturales, sino que son frecuentemente agregados durante el tratamiento del agua.

La concentración empleada depende de la aplicación. Todo los polifosfatos (fosfatos molecularmente deshidratados) se hidrolisan gradualmente en solución acuosa y se convierten a ortofosfatos, de las cuales se derivan. La velocidad de reversión está en función de la temperatura y aumenta rápidamente a medida que la temperatura alcanza el punto de ebullición. La velocidad también, se aumenta bajando el pH. La hidrólisis de fosfatos complejos es también influenciada por enzimas producidas por bacterias. La velocidad de reversión es muy lenta en aguas puras pero es más rápida en aguas residuales. Experimentos han mostrado que los pirofosfatos se hidrolizan más rápidamente que los tripolifosfatos en algunas aguas, mientras que en otras, es a la inversa. Un periodo de varias horas y posiblemente días se requiere para la reversión completa de polifosfatos a ortofosfatos, particularmente a temperaturas bajas o a valores de pH elevados.

Los análisis de fosfatos comprenden dos pasos generales:

Conversión de fosfatos en sus diversas formas a ortofosfatos solubles.

Determinación colorimétrica del ortofosfato soluble.

Los fosfatos que responden a las pruebas colorimétricas sin hidrólisis preliminar o digestión oxidativa de la muestra se considera "ortofosfatos". Estrictamente hablando, una fracción pequeña de cualquier fosfato condensado presente es usual e inevitablemente hidrolizada en el procedimiento y por lo tanto se reporta como parte de los ortofosfatos.

La hidrólisis ácida a la temperatura de ebullición del agua convierte los fosfatos de los condensados a ortofosfatos. La hidrólisis inevitablemente libera algo de fosfatos -- de los compuestos orgánicos, pero este factor se ha reducido al mínimo por selección atinada de la concentración del ácido, tiempo de hidrólisis y temperatura.

Las cantidades de fosfatos que se convierten en ortofosfatos solo por destrucción oxidativa de la materia orgánica presente son considerados como fosfatos "organicos", -- presentes en desperdicios industriales o en lodos. La severidad de la oxidación requerida para esa conversión depende de la forma y en algún grado de la cantidad de fosfato orgánico presente. Como los ortofosfatos y los fosfatos hidrolizables-

por ácido, los fosfatos orgánicos se presentan en las fracciones filtrables (disueltas) y en las de partículas.

PROCEDIMIENTO

Se prepara una serie de soluciones tipo en tubos -- Nessler agregando volúmenes conocidos de la solución patrón - de KH_2PO_4 . Se agrega las mismas cantidades de reactivos que para las muestras, se prepara un testigo con agua destilada - y los mismo reactivos. Se lee el % de transmitancia y se hace la gráfica correspondiente.

CALCULOS

$$\text{ppm de P} = \frac{\text{mg de P} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Ejemplo:

Volumen de la muestra = 100 ml

% de Abs = 0.010 = 0.010 mg

$$\text{ppm de P} = \frac{0.010 \times 1000}{100} = 0.10 \text{ ppm P}$$

GRASAS Y ACEITE

Aceites, grasas, ceras y ácidos grasos son las principales sustancias clasificadas como grasa en las aguas residuales domésticas. Las aguas residuales industriales pueden - contener ésteres simples y posiblemente, otros compuestos de - la misma categoría.

El término "aceite" representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo a elevado peso molecular, de origen mineral, que abarca desde la gasolina hasta combustible y aceites lubricantes. En adición, incluye todos los glicéridos de origen animal y vegetal que son líquidos a la temperatura ambiente.

Acites 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.

Diversos problemas son ocasionados por la grasa en el tratamiento de aguas residuales y el conocimiento de la cantidad presente en un desecho es útil para vencer las dificultades en la operación de la planta, para determinar su eficiencia y para controlar la descarga subsecuente de grasa en las corrientes receptoras. Además los aceites y grasas imparten al agua sabor y olor desagradable, afectando también el sabor de los peces para consumo doméstico.

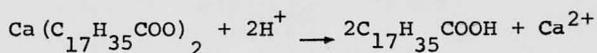
METODO DE EXTRACCION SOXLEHT

En la determinación de grasa, no se mide cuantitativamente una substancia específica, sino grupos de substancias con características físicas similares, principalmente su solubilidad en el disolvente usado.

El hexano ha sido seleccionado para la determinación de grasa debido a que es un buen disolvente para todos los ---

materiales normalmente asociados con el término "grasa" y tiene una mínima fuerza disolvente para otros compuestos orgánicos.

En este método, las muestras se acidulan con ácido-clorhídrico a un pH aproximado de 1.0 para liberar los ácidos grasos que se presentan principalmente en forma de jabones de calcio y de magnesio, los cuales son insolubles en hexano. La reacción comprendida puede ser representada por la 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 determinar el contenido de grasa de la muestra. Los compuestos que se volatilizan a 103°C o antes, se pierden cuando se seca el filtro.

El método es enteramente empírico y se pueden obtener resultados reproducibles sólo apegándose estrictamente a todos los detalles. Por definición, cualquier material recolectado se llama grasa y cualquier substancia filtrable, soluble en hexano, como es el caso del azufre elemental y de ciertos colorantes, se extrae como grasa.

CALCULOS

ppm de grasa total = $\frac{\text{mg de aumento de peso del matraz} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$

EJEMPLO:

VOLUMEN DE LA MUESTRA = 1000 ml

mg de aumento de peso del matraz = 2.4

$$\text{ppm de grasa total} = \frac{2.4 \times 1000}{1000} = 2.4$$

SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO

Desde 1945 una gran variedad de detergentes sintéticos fueron aceptados como sustitutos del jabón y hasta ahora son los productos limpiadores más populares, tanto en usos domésticos como industriales.

Los componentes básicos de los detergentes son compuestos orgánicos con propiedades tensoactivas en solución acuosa, por lo que se conocen como tensoactivos o surfactantes. En general, cualquier molécula de un compuesto surfactante presenta una cadena polar alifática que es hidrofílica, y una parte aromática que se caracteriza por ser hidrofóbica. A esta dualidad en la naturaleza de la molécula se deben las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes.

GRUPO HIDROFOBICOS

Acidos grasos

Parafinas

Olefinas

GRUPOS HIDROFILICOS

Carboxilatos

Sulfatos

Sulfonatos

Alquilbencenos

Hidróxilos

Alcoholes

Amonio Cuaternario

Alquifenoles

Polioxipropilenos

Las formulaciones de los detergentes contienen de un 20 a 30% de surfactantes o producto activo y un 70 a 80% de aditivos que aumentan sus propiedades. Los aditivos más comunes son: sulfato de sodio, pirofosfato de sodio, tripoli-fosfato de sodio y silicato de sodio.

Los surfactantes se clasifican de acuerdo a su disociación electrolítica, la cual depende de la naturaleza del grupo polar, y pueden ser de tres tipos: aniónicos, catiónicos y no-iónicos.

Los surfactantes aniónicos son sales de sodio que ionizados producen ión sodio más una carga negativa, el ión surfactante activo. Lo más comunes son el sulfonato de alquilo lineal / (LAS) y el sulfonato de alquilbenceno (ABS). La principal diferencia entre ellos es que la configuración molecular del LAS es lineal, y muy ramificada en el ABS.

Los surfactantes catiónicos típicos son compuestos cuaternarios de hidróxido de amonio, que presentan actividad antimicrobial. Se usan como agentes de sanidad por sus propiedades desinfectantes.

Los surfactantes no-iónicos son aquellos que como su nombre lo indica no son ionizados y actúan sobre las moléculas volviéndolas solubles. Todos dependen de polímeros de óxido - de etileno para darles esta propiedad. Una característica de estos compuestos es que presentan poca tendencia para formar - espuma abundante cuando se mezclan con otros materiales.

Recientemente aparecieron en el mercado los llamados detergentes biológicos, que son una mezcla de detergente común con perfume, colorantes y un agente biológico que es una enzima proteolítica producida por una bacteria cuyo nombre científico es *Bacillus subtilis*, la cual al encontrarse en condiciones favorables de temperatura y humedad, ocasiona la desintegración de las moléculas de grasa, destruyendo también las proteínas.

Si bien todos los detergentes se degradan por un -- ataque biológico, el grado de descomposición se relaciona con la estructura química de éstos. Las ramificaciones en el grupo alquil del tipo ABS, causan un retardo definitivo en su degradación; esta resistencia persiste aún después de un tratamiento biológico normal. En los efluentes de las plantas de tratamiento de lodos activados se observa un 50% de degradación del ABS y un 90% del LAS con relación al efluente, lo que da lugar a problemas cuando estas aguas se mezclan con cualquier

cuerpo receptor dado que no han sido completamente degradadas dichas substancias.

Son muchas las dificultades causadas por un alto -- contenido de detergentes en aguas y aguas de desecho. En primer lugar es indeseable la formación de espuma en los ríos -- desde el punto de vista estético, a vez la toxicidad de los - surfactantes que contienen, representan un serio peligro a la flora y fauna acuática sin dejar de pensar que estas aguas al ser utilizadas para irrigación, contaminen los suelos y por - consiguiente los cultivos.

Otro problema que resulta de la formación de la espuma en los ríos, es que ésta dificulta la transferencia del oxígeno atmosférico con el agua, lo que también ocurre en las unidades de aereación de plantas de tratamiento.

Además de los contenidos de fosfatos de los deter-- gentes junto con otros nutrientes, contribuye a una sobre póblación de la flora acuática, especialmente algas, las que al morir, por acción degradativa de los microorganismos, ocasionan una mayor demanda de oxígeno, perjudicial para los peces y para el propio cuerpo del agua; este fenómeno se conoce como eutroficación.

Como el surfactante más común usado en la fábrica-- ción de detergentes es el sulfonato de alquil benceno o ABS, es el que con mayor probalidad se puede encontrar en las aguas -

crudas de los abastecimientos. Por ésta razón se ha seleccionado al ABS 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 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 o el de verde de metilo, pero en concentraciones mayores es muy importante que se conozca cuanto representa el ABS y cuanto las interferencias, recomendándose entonces la determinación infrarroja. La principal desventaja de éste último método en comparación con los otros es que su procedimiento es bastante complicado y demanda mucho tiempo; además del elevado costo del equipo infrarrojo.

El primer método depende de la formación de la 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 es medida en un espectrofotómetro, a una longitud de onda de 625 m μ .

Cuando se determina el ABS en las aguas, los errores positivos son más comunes que los negativos. Entre las inter-

ferencias positivas se tiene los sulfátos 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.

PROCEDIMIENTO

Se prepara una serie de 10 embudos de separación con concentración conocida de la solución patrón de ABS. Se agrega agua destilada hasta un volumen conocido en cada embudo de separación. Se extrae el color con cloroformo y se determina la absorbancia de la solución a 625 m μ contra un testigo de cloroformo. Se traza una gráfica de absorbancia y mg de ABS.

CALCULOS

$$\text{ppm de ABS total aparente} = \frac{\text{mg de ABS} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

EJEMPLO

$$\% \text{ de absorbancia } 0.216 = 0.141 \times 6 = 0.848 \text{ mg}$$

$$\text{ppm de ABS total aparente} = \frac{0.848 \times 1000}{100} = 8.48$$

POTASIO

PROCEDIMIENTO METODO FOTOMETRICO DE FLAMA

1.- Se prepararán soluciones de concentración conocidas de potasio.

2.- Se calibra el aparato a 768 $m\mu$

3.- Introduciendo las muestras patrones al fotómetro, se lee la absorbancia y con estos datos se construye una gráfica de absorbancia-mg de potasio.

4.- La solución de concentración desconocida se tiene que diluir, 1-4, 1-6, dependiendo de la muestra; debido a que no se alcanza a detectar la absorbancia.

5.- Una vez con la absorbancia en la gráfica patrón se leen los mg de potasio, estos datos se multiplican por las veces que se hizo la dilución.

6.- Para tener las ppm de potasio se hacen los siguientes cálculos:

$$\text{ppm K}^+ = \frac{\text{mg de potasio } 1000}{\text{ml de muestra}}$$

EJEMPLO: dilución 1-4

$$28\text{ABS} = 2.8 \text{ mg} \times 4 = 11.2 \text{ mg.}$$

$$\text{ppm K}^+ = \frac{11.2 \times 1000}{25} = 448 \text{ ppm}$$

SODIO

PROCEDIMIENTO:

1.- Se prepararán soluciones de concentración conocidas de sodio.



- 2.- Se calibra el aparato a 589 m μ
- 3.- Introduciendo las muestras patrones al fotómetro, se lee la absorbancia y con estos datos se construye una gráfica de -- absorbancia y mg de sodio.
- 4.- La solución de concentración desconocida se tiene que diluir, 1-4, 1-6 dependiendo de la muestra; debiendo a que no se alcanzaba a detectar la absorbancia.
- 5.- Una vez con la absorbancia en la gráfica patrón se lee los - mg de sodio; estos datos se multiplican por las veces que se hizo la dilución.
- 6.- Para tener las ppm de sodio se hacen los siguientes cálculos:

CALCULOS

$$\text{ppm Na}^+ = \frac{\text{mg de sodio} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

NOTA: No se contaba con el filtro que se utiliza en el fotómetro para determinar el sodio se tiene que determinar de la siguiente manera:

$$\frac{\text{me}}{1} \text{ Na}^+ = \frac{\text{me}}{1} \text{ Conduct.} - \left[\frac{\text{me}}{1} \text{ Dureza total} + \frac{\text{me}}{1} \text{ K}^+ \right]$$

$$\text{ppm Na}^+ = \frac{\text{me}}{1} \text{ Na} \times 23$$

Ejemplo:

$$\text{Cond.} = 2850 \times 0.01 = 28.5 \frac{\text{me}}{1}$$

$$\frac{\text{me}}{1} \text{ Dureza total} = 0.181$$

$$\frac{\text{me}}{\text{l}} \text{K}^+ = 11.46$$

$$\frac{\text{me}}{\text{l}} \text{Na}^+ = 28.5 (0.181 + 11.46)$$

$$\frac{\text{me}}{\text{l}} \text{Na}^+ = 16.80$$

$$\text{ppm. Na}^+ = 16.80 \times 23 = 386.1 \text{ ppm Na}^+$$

C A P I T U L O V

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUISCA OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACT.	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA, OLOR CARACTERISTICO.
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		26 00	27.00	81.00	35.00
pH		7.40 26°C	7.50 27°C	11.30 66°C	6.6 33°C
ALCALINIDAD ppm	CO ₃ ⁼	48.00	0.00	54.00 OH ⁻	60.06
	HCO ₃ ⁻	244.00	390.80	128.20	195.20
SO ₄ ⁼	ppm	232.80	254.40	26.40	241.70
Cl ⁻	ppm	537.10	572.70	10.67	618.92
O.D.	ppm	4.94	9.10	-	10.70
D.B.O.	ppm	1.22	16.22	66.87	19.2
D.Q.O.	ppm	40.00	200.00	260.00	120.00

MUESTRO No. 1

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUISCA OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACT.	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA, OLOR CARACTERISTICO
DUREZA TOTAL	ppm	9.50	10.10	0.60	14.50
DUREZA Ca ²⁺	ppm	3.10	3.60	0.09	3.40
DUREZA Mg ²⁺	ppm	0.38	0.24	0.10	1.41
POTASIO K ⁺	ppm	448.00	528.00	148.00	440.00
SODIO Na ⁺	ppm	387.78	361.10	27.30	447.58
NITROGENO N	ppm	0.00	0.56	4.20	0.84
FOSFATOS TOTALES	ppm	0.10	0.11	0.10	0.12
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	ppm	0.00	8.48	0.50	0.55
S.D.V.	ppm	283.00	307.00	145.00	270.00

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUISCA OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACT.	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA, OLOR CARACTERISTICO
S.D.F.	ppm	1578.00	1878.00	142.00	2085.00
S.D.T.	ppm	1861.00	2185.00	383.00	355.00
S.S.V.	ppm	10.00	53.00	105.00	50.00
S.S.F.	ppm	3.00	137.00	3.00	5.00
S.S.T.	ppm	10.00	190.00	12.00	55.00
S.T.	ppm	1871.00	2375.00	395.00	2410.00
S.F.T.	ppm	1581.00	2015.00	145.00	2090.00
S.V.T.	ppm	290.00	360.00	250.00	320.00
S.S.	ml	-	1.80	-	1.00

MUESTRA No. 1

MUESTRA No.	1	2	4	5
A S P E C T O	LIMPIDA SIN SOLI- DOS EN SUSPENSION INCOLORA INODORA	TURBIA CON SO- LIDOS EN SUS- PENSION BLAN- QUISCA OLOR CA- RACTERISTICO	NO TURBIA, SIN - SOLIDOS EN SUS- PENSION, CAFE -- OSCURO, OLOR -- CARACTERISTICO	TURBIA CON SO- LIDOS EN SUS- PENSION AMARI- LLENTA, OLOR - CARACTERISTICO
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA μ mohs/cm	2850.00	3100.00	500.00	3100.00
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO mg/min	-	-	-	1294.00
GRASAS Y ACEITES ppm	-	2.40	1.25	2.50
TIEMPO DE MUESTREO	8 h. 50 min	9 h. 20 min.	11 h. 20 min.	10 h 45 min.
FECHA DE MUESTREO	11-III-75	11-III-75	11-III-75	11-III-75

84
MUESTREO No. 1

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION- CAFE CLARO, OLOR - CARACTERISTICO	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, - INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, - INODORA
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		32	23	23	22
pH		7.20 31°C	8.20 25°C	8.20 24°C	8.30 23°C
ALCALINIDAD ppm	CO_3^{2-}	0.0	0.0	0.0	0.0
	HCO_3^-	341.90	293.10	183.20	164.90
Cl^-	ppm	643.37	142.28	143.02	143.02
O.D.	ppm	3.70	12.80	3.30	16.05
D.B.O.	ppm	13.77	7.20	13.37	14.18
D.Q.O.	ppm	195.00	145.00	25.00	20.00
SO_4^{2-}	ppm	257.12	163.40	164.00	163.40

MUESTRO No. 1

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLI DOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA, CON - SOLIDOS EN SUS PENSION INCOLO RA INODORA	LIMPIDA, CON SO- LIDOS EN SUSPEN- SION, INCOLORA - INODORA	LIMPIDA CON SO- LIDOS EN SUSPEN- SION INCOLORA, - INODORA
DUREZA TOTAL	ppm	15.60	6.00	5.60	5.50
DUREZA Ca ²⁺	ppm	4.00	1.24	1.04	1.04
DUREZA Mg ²⁺	ppm	1.34	0.70	0.72	0.70
POTASIO K ⁺	ppm	512.00	316.00	328.00	316.00
SODIO Na ⁺	ppm	450.80	87.17	69.00	76.59
NITROGENO N	ppm	1.40	-	-	-
FOSFATOS TOTALES	ppm	0.15	0.10	1.00	0.10
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	ppm	0.10	12.50	-	12.50
S.D.V.	ppm	310.00	110.00	130.00	88.00

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION- CAFE CLARO, OLOR - CARACTERISTICO	LIMPIDA, CON -- SOLIDOS EN SUS- PENSION INCOLO- RA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLI- DOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA CON SO- LIDOS EN SUSPEN- SION INCOLORA, - INODORA
S.D.F.	ppm	2785.00	645.00	660.00	691.00
S.D.T.	ppm	595.00	655.00	790.00	779.00
S.S.V.	ppm	175.00	25.00	20.00	18.00
S.S.F.	ppm	10.00	10.00	15.00	21.00
S.S.T.	ppm	185.00	35.00	35.00	39.00
S.T.	ppm	2780.00	790.00	825.00	818.00
S.F.T.	ppm	2795.00	655.00	675.00	712.00
S.V.T.	ppm	485.00	135.00	150.00	106.00
S.S.	ml	1.00	0.03	0.10	0.10

MUESTRO No. 1

MUESTREO No.	6	7	8	9
A S P E C T O	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA.	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA INODORA
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA <i>μ</i> mohs/ cm	3300.00	1200.00	1150.00	1150.00
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO mg/min	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES ppm	24.30	12.50	4.28	12.50
TIEMPO DE MUESTREO	10 h 55 min	14 h.	14 h. 25 min	14 h. 45 min.
FECHA DE MUESTREO	11-IV-75	11-III-75	11-III-75	11-III-75

MUESTREO No. 1

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION, BLANQUISCA OLOR CARACT.	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO OLOR CARACT.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLENTA OLOR CARACTERISTICO
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		26	26	85	29
pH		7.20 26°C	2.40 26 °C	11.35 70°C	7.10 27°C
ALCALINIDAD	CO_3^{2-}	0.0	0.0	54.00	0.0
	ppm	354.15	0.0.	20.40 OH^-	287.00
SO_4^{2-}	ppm	252.56	340.60	20.60	254.90
Cl^-	ppm	558.40	789.60	14.22	537.10
O.D.	ppm	3.83	5.44	0.0	5.44
D.B.O.	ppm	1.02	15.19	56.73	19.25
D.Q.O.	ppm	55.00	485.00	210.00	180.00

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION, BLANQUISCA OLOR CARACT.	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO OLOR CARACT.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA, OLOR CARACTERISTICO
DUREZA TOTAL	ppm	12.40	16.00	0.06	14.60
DUREZA Ca ²⁺	ppm	3.68	4.00	0.08	3.76
DUREZA Mg ²⁺	ppm	0.77	1.44	0.07	1.25
POTASIO K ⁺	ppm	440.00	384.00	12.80	400.00
SODIO Na ⁺	ppm	407.10	205.39	27.30	448.04
NITROGENO N	ppm	-	0.84	5.60	0.56
FOSFATOS TOTALES	ppm	0.12	0.12	0.13	-
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	ppm	0.03	6.53	0.04	0.11
S.D.V.	ppm	617.00	1033.00	115.00	590.00

MUESTREO No. 2

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA, SIN SOLI DOS EN SUSPENSION, INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLI DOS EN SUSPEN-- SION, BLANQUIS-- CA OLO R CARACT.	NO TURBIA, SIN SO LIDOS EN SUSPEN-- SION, CAFE OBSCU-- RO OLO R CARACT.	TURBIA, CON SOLI DOS EN SUSPEN-- SION AMARILLENTA OLO R CARACTERIS TICO.
S.D.F.	ppm	1393.00	2580.00	95.00	1485.00
S.D.T.	ppm	2010.00	3613.00	245.00	2075.00
S.S.V.	ppm	5.00	782.00	15.00	110.00
S.S.F.	ppm	5.00	20.00	20.00	10.00
S.S.T.	ppm	10.00	8020.00	35.00	120.00
S.T.	ppm	2020.00	4415.00	280.00	2195.00
S.F.T..	ppm	1398.00	2600.00	115.00	1495.00
S.V.T.	ppm	622.00	1815.00	165.00	700.00
S.S.	ml	-	-	-	-

MUESTRO No. 2
91

MUESTRA No.	1	2	4	5
A S P E C T O	LIMPIDA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION, BLANQUISCA OLOR CARACT.	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO OLOR CARACT.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA OLOR CARACTE RISTICO
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA <i>μmohs/cm</i>	2900.0	3000.0	7000.0	3000.0
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO <i>mg/min</i>	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES ppm	0	1.9	1.3	2.3
TIEMPO DE MUESTREO	9 h 15 min.	9 h. 50 min	9 h. 30 min	10 h 15 min.
FECHA DE MUESTREO	15-III-75	15-III-75	15-III-75	15-III-75

MUESTREO No. 2

MUESTREO No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA.	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		21	22	21	21
pH		8.5 25°C	8.38 25°C	8.47 47°C	8.4 25°C
ALCALINIDAD ppm	CO ₃ ²⁻	0.0	0.00	0.00	0.00
	HCO ₃ ⁻	586.20	177.00	189.30	171.00
SO ₄ ²⁻	ppm	218.30	160.00	170.30	165.70
Cl ⁻	ppm	800.32	156.20	160.06	156.20
O.D.	ppm	-	8.50	8.10	8.50
D.B.O.	ppm	12.56	9.70	14.58	15.00
D.Q.O.	ppm	275.00	15.00	45.50	45.50

MUESTREO No. 2

MUESTREO No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA
DUREZA TOTAL	ppm	17.00	5.80	6.00	6.00
DUREZA Ca ²⁺	ppm	4.24	1.28	1.24	1.44
DUREZA Mg ²⁺	ppm	1.54	0.62	0.70	0.58
POTASIO K ⁺	ppm	928.00	316.00	318.00	316.00
SODIO Na ⁺	ppm	366.70	150.40	103.50	105.80
NITROGENO N	ppm	1.68	-	-	9.00
FOSFATOS TOTALES	ppm	1.45	0.10	1.50	0.10
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	ppm	0.10	-	-	-
S.D.V.	ppm	728.00	250.00	370.00	340.00

MUESTREO No. 2

MUESREO No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR-CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA.	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDAD, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA
S.D.F.	ppm	2672.00	570.00	393.00	435.00
S.D.T.	ppm	3400.00	820.00	763.00	775.00
S.S.V.	ppm	67.00	5.00	5.00	2.00
S.S.F.	ppm	8.00	40.00	7.00	8.00
S.S.T.	ppm	95.00	45.00	12.00	10.00
S.T.	ppm	3475.00	865.00	775.00	785.00
S.F.T.	ppm	2680.00	610.00	400.00	443.00
S.V.T.	ppm	295.00	255.00	375.00	342.00
S.S.	ml	2.0	0.10	0.10	0.10

MUESTREO No.	6	7	8	9
A S P E C T O	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA <i>μmohs/cm</i>	4000.00	1300.00	1300.00	1280.00
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES ppm	20.50	12.40	4.20	12.40
TIEMPO DE MUESTREO	10 h. 20 min.	11 h. 7 min.	11 h. 15 min	11 h. 30 min.
FECHA DE MUESTREO	15-III-75	15-III-75	15-III-75	15-III-75

MUESTREO No. 2

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUIZCA OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACT.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLENTA OLOR CARACTERISTICO
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		27	27	76	38
pH		7.20 27°C	9.70 27°C	11.50 60°C	6.50 34°C
ALCALINIDAD ppm	CO ₃ ²⁻	0.0	324.30	3.40	0.0
	HCO ₃ ⁻	348.00	683.90	CH ⁻ 54.10	195.00
SO ₄ ²⁻	ppm	248.60	227.40	15.10	276.60
Cl ⁻	ppm	626.38	618.92	7.11	590.46
O.D.	ppm	5.70	7.70	-	6.10
D.B.O.	ppm	1.01	16.20	53.70	18.24
D.Q.O.	ppm	30.00	330.00	170.00	160.00

MUESTRO No. 3

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLI DOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SO- LIDOS EN SUS-- PENSION BLAN-- QUIZCA OLOR CA RACTERISTICO	NO TURBIA, SIN - SOLIDOS EN SUS-- PENSION, CAFE -- OBSCURO, OLOR -- CARACT.	TURBIA, CON SO- LIDOS EN SUSPEN SION AMARILLEN- TA OLOR CARACTE RISTICO.
DUREZA TOTAL	ppm	15.20	6.70	0.60	14.80
DUREZA Ca ²⁺	ppm	4.16	0.68	0.08	3.44
DUREZA Mg ²⁺	ppm	1.15	1.20	0.10	1.44
POTASIO K ²	ppm	464.00	472.00	148.00	256.00
SODIO Na ⁺	ppm	432.40	639.40	27.30	556.14
NITROGENO N	ppm	-	0.28	26.88	0.28
POSFATOS TOTALES	ppm	0.17	0.13	0.09	0.13
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	ppm	-	-	-	-
S.D.V.		145.00	250.00	5.00	237.00

MUESTREO No. 3

MUESTRA No.		1	2	4	5
A S P E C T O		LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUICAZA, OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACT.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLEN-TA OLOR CARACTERISTICO.
S.D.F.	ppm.	2067.00	4260.00	115.00	2138.00
S.D.T.	ppm.	2212.00	3510.00	120.00	2375.00
S.S.V.	ppm	5.00	35.00	20.00	48.00
S.S.F.	ppm	5.00	400.00	10.00	12.00
S.S.T.	ppm	10.00	435.00	30.00	60.00
ST.	ppm	2222.00	4945.00	150.00	2435.00
S.F.T.	ppm	2072.00	4660.00	125.00	2150.00
S.V.T.	ppm	150.00	285.00	25.00	285.00
S.S.	ml	6.00	2.50	-	2.00

MUESTRA No. 3

MUESTRA No.	1	2	4	5
A S P E C T O	LIMPIDA SIN SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	TURBIA CON SOLIDOS EN SUSPENSION BLANQUIZCA OLOR CARACTERISTICO	NO TURBIA, SIN SOLIDOS EN SUSPENSION, CAFE OSCURO, OLOR CARACTERISTICO.	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION AMARILLENTA OLOR CARACTERISTICO.
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA <i>u</i> mohs/cm	3100.00	4400.00	5000.00	3100.00
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO mg/min	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES ppm	0.00	2.50	1.28	2.40
TIEMPO DE MUESTREO	8 h. 53 min	9 h. 10 min.	10 h. 30 min	9 h. 30 min.
FECHA DE MUESTREO	22 - III - 75	22 - III - 75	22 - III - 75	22 - III - 75

MUESTREO No. 3
100

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR-CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, -INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA.
TEMPERATURA EN LA DESCARGA °C		36	24	24	24
pH		6.90 34 °C	8.28 29 °C	8.23 27 °C	8.27 27 °C
ALCALINIDAD ppm	CO ₃ ²⁻	0.0	0.0	0.0	0.0
	HCO ₃ ⁻	354.15	170.97	170.97	219.80
SO ₄ ²⁻	ppm	331.40	146.30	149.70	147.40
Cl ⁻	ppm	597.57	127.80	134.90	127.80
O.D.	ppm	0.20	9.33	8.90	9.33
D.B.O.	ppm	12.96	7.29	13.78	14.60
D.Q.O.	ppm	175.00	40.00	55.00	50.00

MUESTRO No. 3
101

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, - INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA.
DUREZA TOTAL	ppm	16.00	5.30	6.80	6.90
DUREZA Ca ²⁺	ppm	4.32	1.48	1.40	1.44
DUREZA Mg ²⁺	ppm	1.24	0.384	0.84	0.84
POTASIO K +	ppm	432.00	332.00	334.00	336.00
SODIO Na ⁺	ppm	474.72	78.20	64.40	64.40
NITROGENO N	ppm	0.56	-	-	-
FOSFATOS TOTALES	ppm	0.10	-	0.10	0.10
SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILINO	ppm	1.10	-	-	-
S.D.V.	ppm	200.00	105.00	206.00	78.00

MUESTRO No. 3

102

MUESTRA No.		6	7	8	9
A S P E C T O		TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR-CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, -INODORA.	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA.
S.D.F.	ppm	2300.00	523.00	449.00	513.00
S.D.T.	ppm	2500.00	628.00	645.00	591.00
S.S.V.	ppm	40.00	10.00	4.00	15.00
S.S.F.	ppm	20.00	17.00	16.00	12.00
S.S.T.	ppm	60.00	27.00	20.00	27.00
S.T.	ppm	2560.00	655.00	675.00	618.00
S.F.T.	ppm	2320.00	540.00	465.00	525.00
S.V.T.	ppm	240.00	115.00	210.00	93.00
S.S.	ml	2.80	0.10	0.25	0.15

MUESTRO No. 3
103

MUESTRA No.	6	7	8	9
A S P E C T O	TURBIA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION CAFE CLARO, OLOR-CARACTERISTICO	LIMPIDA CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION INCOLORA, INODORA	LIMPIDA, CON SOLIDOS EN SUSPENSION, INCOLORA-INODORA.
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA μ mhos/cm	3200.00	1200,00	1150.00	1150.00
MATERIA FLOTANTE DURANTE UN MINUTO mg/min.	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES ppm	23.52	12.88	5.30	12.50
TIEMPO DE MUESTREO	12 h 15 min.	11 h. 38 min.	12 h.	12 h. 15 min
FECHA DE MUESTREO	22 - III - 75	22 - III - 75	22 - III - 75	22 - III - 75

MUESTREO No. 3

ANÁLISIS DE LAS AGUAS DE DESECHO

Comparando las especificaciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, y los resultados de los análisis en las diferentes - muestras, se encuentra que las corrientes que no cumplen las espe cificaciones para poderlos descargar al canal Anzaldúas o reutili zarlos dentro de la planta son:

1.- Muestra No. 2.- Presenta problemas en:

- a) Sólidos totales por tener un valor más alto del reque rido.
- b) pH presenta un valor inferior

2.- Muestra No. 4.- Presenta valores más altos en:

- a) Sólidos totales
- b) Temperatura
- c) pH
- d) Nitrógeno
- e) Fósforo
- f) Color (café muy oscuro)

3.- Muestra No. 6.- Presenta valores altos en:

- a) Sólidos totales
- b) Temperatura
- c) Nitrógeno
- d) Fósforo
- e) Color (café oscuro)

4.- Muestra No. 5.- Presenta valores altos en:

- a) Sólidos totales
- b) Temperatura
- c) Fósforo

METODO PARA TRATAR LAS AGUAS DE DESECHO

Los métodos para el tratamiento de las aguas residuales se han desarrollado persiguiendo dos fines principales: la remoción de sólidos y la estabilización biológica de la materia orgánica. Para esto se ha tomado como modelo el proceso que la propia naturaleza lleva a cabo, poniéndolo bajo control y acelerándolo con el empleo de dispositivos ideados por el hombre.

Existen varios grados de tratamiento, los cuales se conocen como: tratamiento previo, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario o avanzado.

TRATAMIENTO PREVIO

Se ha dado en llamar así al conjunto de medidas que generalmente se emplean para remover, de las aguas residuales, los objetos que por su volumen o peso puedan entorpecer el buen funcionamiento de los dispositivos mecánicos, tales como bombas o tuberías.

El tratamiento previo generalmente consiste en una serie de rejillas o cribas que retienen materia voluminosa que pudiera originar problemas al sistema. De un tiempo a la fecha se han venido empleando, conjuntamente con las rejillas, otros dispositivos suplementarios con el propósito de reducir el tamaño de los sólidos retenidos, moliéndolos o triturándolos.

Generalmente en los sistemas colectores combinados de aguas residuales, se encuentra mucha materia arenosa o granular que si no es removida causa desgastes y obstrucciones en bombas y tuberías. Para esto se construyen los llamados canales desarenadores, que funcionan como un tanque sedimentador en el que mediante el control de la velocidad del flujo se mantiene en suspensión la materia orgánica de menor peso específico que la materia mineral, favoreciendo el depósito de esta última.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Consiste basicamente en la separación de los sólidos sedimentables o flotables no removidos en el pretratamiento y la disposición final de los mismos. Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad de flujo.

Se lleva a cabo en un tanque de sedimentación donde las partículas suspendidas se aglomeran aumentando su peso volumétrico e incrementando su velocidad de asentamiento arrastrando a su paso materia finamente dividida que no sedimenta por sí misma.

Cuando en una planta se cuenta únicamente con los dos tipos de tratamiento antes mencionado, es conveniente:

- a) Dar al efluente un tratamiento último de cloración que elimine cierto tipo de bacterias dañinas a la salud, ó
- b) Cuando los desechos industriales no son fácilmente atacables biológicamente y en donde las condiciones de las aguas receptoras exigen periódicamente un mayor grado

de tratamiento, es necesario aplicar un tratamiento químico.

El tratamiento químico consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas residuales para producir un flóculo que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia coloidal envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables para que se depositen rápidamente. La sustancia química que se precipita, también se disocia o ioniza en las aguas residuales y neutraliza las cargas eléctricas que tienen las partículas coloidales, haciendo que se aglomeren y formen grumos fácilmente sedimentables. Los reactivos que más se utilizan son:

- a) Sulfato de aluminio o alumbre
- b) Sulfato ferroso con cal
- c) Sulfato férrico
- d) Cloruro férrico con o sin cal

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se conoce como tratamiento secundario al procedimiento de purificación de las aguas residuales consistente en una serie de procesos biológicos y/o químicos a que son sometidos los efluentes de tratamiento primario.

Existen dos formas para descomponer el contenido orgánico de las aguas residuales: en una las bacterias utilizan el oxígeno disuelto para el desarrollo de sus procesos vitales, mien---

tras que en otra se emplean sustancias diferentes al oxígeno - como aceptores de electrones efectuándose la descomposición en forma anaeróbica. Las dos formas de degradación bacteriana -- son de utilidad, pudiéndose establecer a voluntad las condiciones que favorezcan a una u otra, según lo requiera el proceso. Por lo común, los lodos se tratan por métodos anaeróbicos y los sólidos en solución por métodos aerobios. Desde luego, los -- subproductos de los dos tipos de descomposición son muy distintos, pues lo que se obtienen del proceso aerobio son estables e inofensivos, mientras que los de la descomposición anaerobia son en parte inestables, molestos y poco agradables.

Hay tres tipos principales de sistemas secundarios: a) De filtros biológicos, b) Lodos activados, y c) Lagunas estabilizadoras.

a) Proceso de filtros biológicos.

Consiste en un lecho de piedra triturada a través de -- la cual se hace pasar el efluente del tratamiento primario. Al ponerse en contacto el líquido con los cultivos biológicos existentes en la superficie del material filtrante, la materia orgánica es adsorbida en el limo biológico y posteriormente biode-- gradada por los microorganismos que se encuentran en los mismos.

Los sólidos retenidos se aglomeran y floculan en la super-- ficie de las piedras, hasta que por su propio peso y la acción -

mecánica del agua se desprenden de las mismas, siendo arrastrados en el efluente.

b) Proceso de lodos activados

Este proceso consiste en la agitación de una mezcla de agua residual, con un 15% o más de su volumen de lodo líquido, bacteriológicamente activo en presencia de oxígeno disuelto, durante el tiempo preciso para coagular una gran porción de sustancias - coloidales seguido de una sedimentación adecuada para separar el lodo floculado; el lodo activo se produce previamente por la aeración de sucesivos volúmenes de aguas residuales.

La parte fundamental del proceso se realiza en los tanques de aeración, donde el licor mezclado recibe la cantidad de oxígeno necesario para sustentar los procesos de biabsorción y biodegradación a una rapidez conveniente.

En los tanques de aeración, se introduce aire a presión mediante dispositivos sumergidos denominados difusores los que, a su vez, lo reciben de un sistema de compresión adiabáticas.

Además de la oxigenación obtenida por este concepto, existe la introducción directa del oxígeno atmosférico como consecuencia de la turbulencia provocada por el aire inyectado.

La sedimentación de los lodos activados, se lleva a cabo en un tanque de sedimentación secundario, de donde son parcialmente

recirculados para mantener una concentración adecuada de ellos en los tanques de aereación; el exceso se manda al sedimentador primario o directamente a su disposición final.

c) Lagunas de estabilización

La gran importancia sanitaria de las lagunas de estabilización radica en las altas eficiencias que alcanzan en la purificación de aguas residuales y en la economía que representa su construcción, mantenimiento y operación. El principal problema que representan es el de necesitar de una gran área de terreno para su instalación.

Las lagunas de estabilización se pueden clasificar en: -- aerobias, anaerobias y facultativas, según sea la forma en que se lleve a cabo el proceso de descomposición.

Los procesos que tienen lugar en las lagunas aerobias son similares a los que se presentan en los lodos activados, con la importante diferencia de que mientras en estos la oxigenación es mecánica, en las lagunas aerobias el oxígeno proviene de la fotosíntesis efectuada en las plantas microscópicas llamadas algas. Puesto que la fotosíntesis depende de la energía solar, es ésta la razón por la cual se requieren grandes extensiones de terreno para tratar aguas residuales con este sistema.

En las lagunas anaerobias no existen tantas condiciones de diseño como en las aerobias. Puesto que la actividad bacteriana no depende de la existencia de oxígeno, no es necesario cum

plir con los requisitos de grandes áreas y bajas profundidades - que permitan el mejor aprovechamiento de la energía solar. Por lo tanto, pueden ser construidas en áreas menores y profundidades mayores con el consecuente ahorro económico. Sin embargo, los subproductos de los procesos biológicos de las bacterias anaerobias son sumamente desagradables al olfato, por lo que es ésta su principal inconveniencia.

Las lagunas facultativas tienen propiedades comunes a las aerobias y anaerobias, es decir, mientras que en la parte superior existe actividad aerobia, en el fondo, donde ya no alcanza a penetrar la luz solar y por consiguiente, ya no hay generación de oxígeno por fotosíntesis, la actividad bacteriana es francamente anaerobia.

TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO

Lo que este nombre implica, es un tercer paso en el control de la contaminación del agua. Hay varios tipos de tratamiento avanzados, entre los cuales se incluyen métodos biológicos, con los cuales se remueven nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, y separaciones fisico-químicas. Se pueden utilizar uno o más métodos hasta alcanzar las necesidades específicas. Este tratamiento incluye:

a) Coagulación-sedimentación

Cuando la corriente que proviene del tratamiento secundario

contiene partículas de sólidos en estado coloidal, cuya carga electrostática las mantiene en suspensión, es conveniente agregar determinadas sustancias químicas que provoquen agrupación de tales partículas, hasta formar una masa compacta, que se sedimenta. Este proceso puede ser empleado para incrementar la remoción de sólidos del efluente que proviene del tratamiento primario o secundario. Con el control apropiado, puede reducirse, por ejemplo, la concentración de fosfatos en más del 90 por ciento.

b) Adsorción

Una vez removidos la mayoría de los sólidos el siguiente problema consiste en disponer de aquella materia orgánica que no fue eliminada en el tratamiento biológico. La adsorción en este caso consistirá en hacer pasar el efluente a través de un lecho de carbón activado que elimina más del 98 por ciento de materia orgánica. Para abatir el costo de este proceso, el carbón granulado ya usado puede ser limpiado por medio de un tratamiento calorífico pudiendo reusarse.

Una alternativa de uso del carbón activado consiste en espolvorearlo directamente sobre la corriente, provocando que la materia orgánica se adhiera fuertemente a partículas del mismo, las cuales debido a la acción posterior de sustancias químicas coagulantes, son sedimentadas y removidas.

c) Electrodialisis

En este proceso, se usa la electricidad para remover sales disueltas de un efluente. Su principio se basa en que los iones de las sales disueltas en el agua, adquieren una cierta carga eléctrica, ya sea positiva o negativa. Al aplicar una diferencia de potencial entre dos electrodos sumergidos en el seno del líquido, los iones negativos (aniones) se dirigen hacia el ánodo o electrodo positivo, mientras que los iones positivos (cationes), lo hacen hacia el cátodo o electrodo negativo; si además la trayectoria de dichos iones se interponen alternativamente membranas permeables a cationes o aniones, se logra la remoción de los mismos y consecuentemente la depuración del agua.

d) Oxidación química.

La cual utiliza oxidantes tales como ozono y cloro. Actúan destruyendo o alterando los constituyentes orgánicos del agua - los cuales se presentan en pequeñas cantidades.

e) Osmosis inversa

Es un proceso basado en este fenómeno natural. Cuando líquidos con diferentes concentraciones de sales minerales son separados por una membrana porosa, moléculas de agua pura tienden a pasar por ósmosis del lado de menor concentración al de mayor concentración hasta que se igualan las concentraciones. Cuando se aplica presión el flujo puede ser invertido.

La aplicación de la ósmosis es relativamente costosa, sin embargo se continua utilizando.

f) Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso unitario en el cual los iones de una sustancia son desplazados desde un material insoluble por iones de diferentes sustancias en solución. En la práctica un material de intercambio de iones es colocado en un lecho por el que se hace pasar a través de él el desecho a ser tratado.

El material de intercambio, el cual puede ser natural o sintético, es absorbente y cargado con grupos iónicos. El intercambio de un ión depende de la habilidad del ión-contrario (ión de carga opuesta) a ser reemplazado o intercambiado por otro ión de la misma carga. Cuando todos los iones de carga contrario han sido intercambiados, el material intercambiador se somete a una regeneración con soluciones de ión contrario original.

Los intercambiadores iónicos se clasifican por la carga del ión intercambiable: Las resinas ácidas o catiónicas pueden intercambiar cationes tales como Ca^{2+} o Mg^{2+} y las resinas básicas o aniónicas intercambian aniones como OH^- y Cl^-

C A P I T U L O V I

DIAGRAMA DE PROCESO

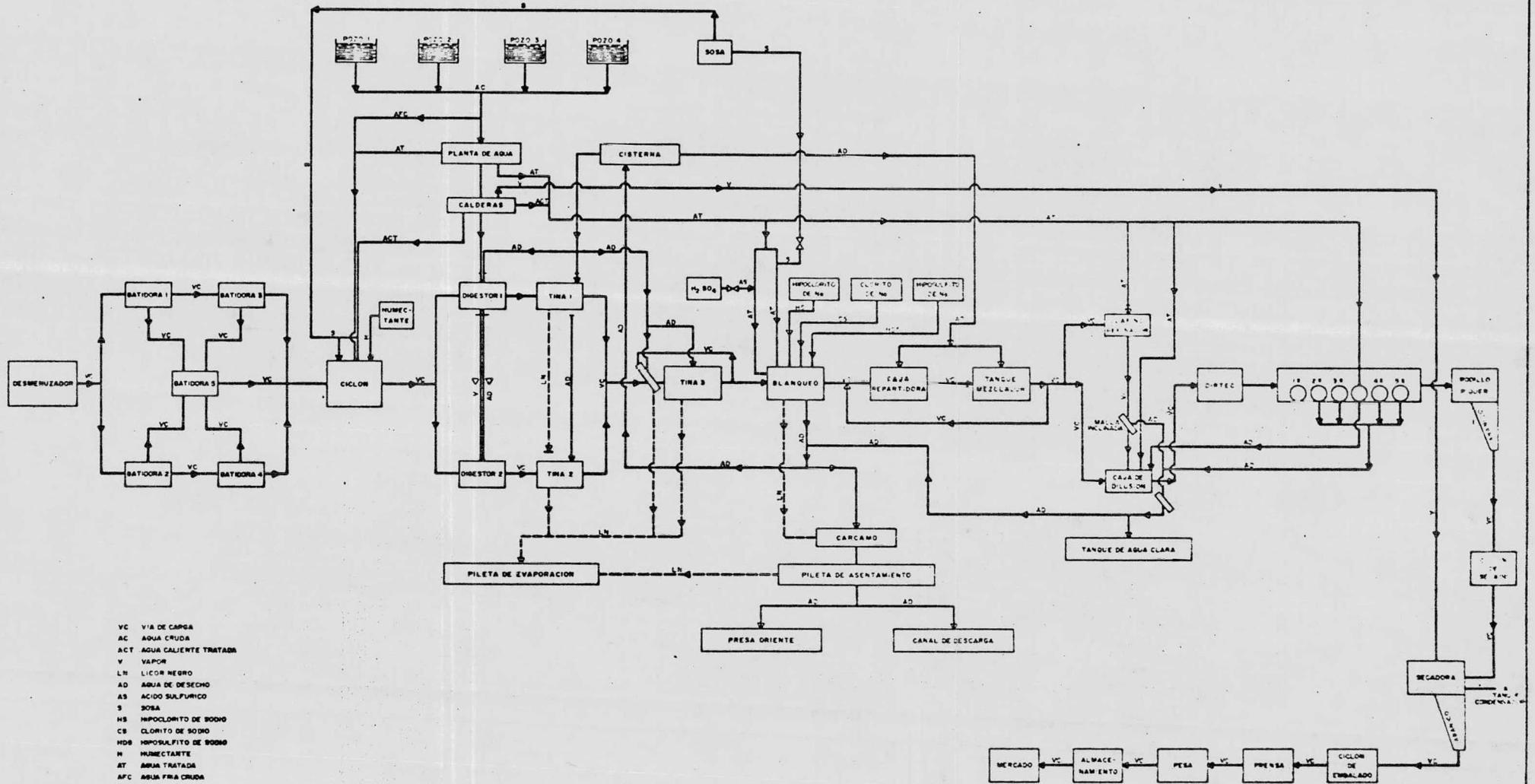
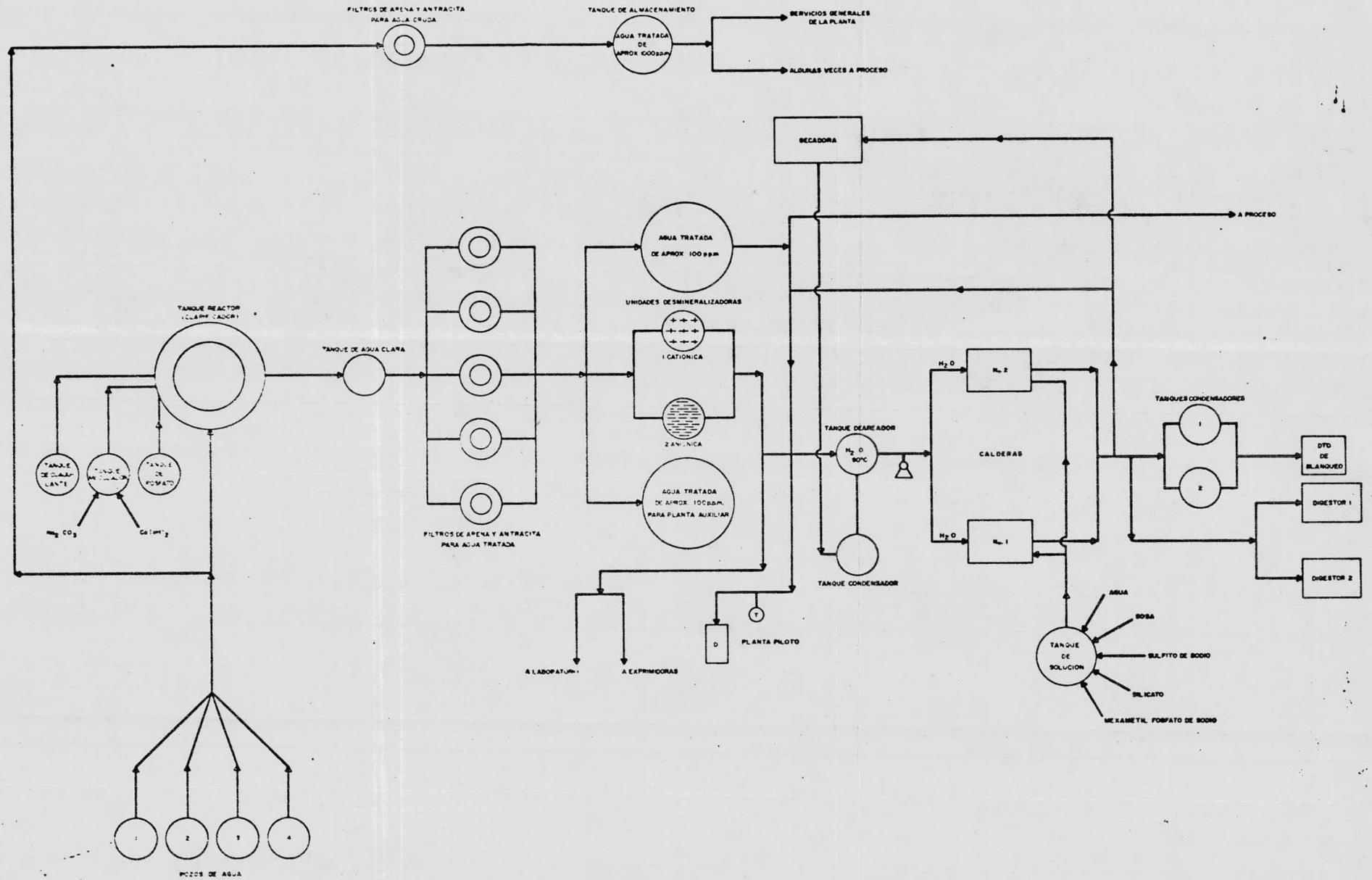
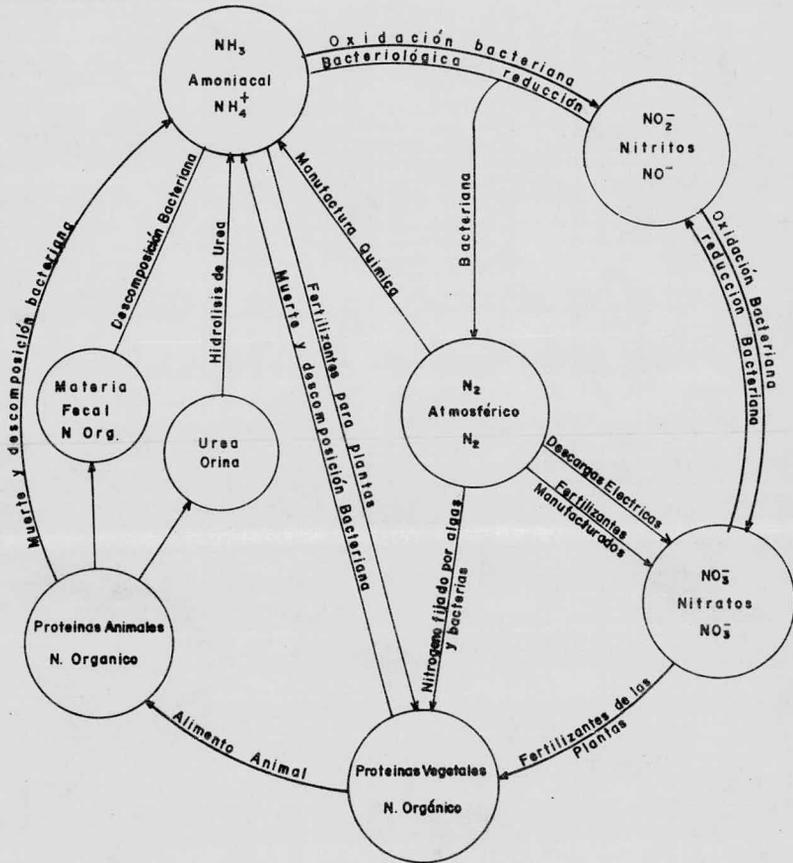


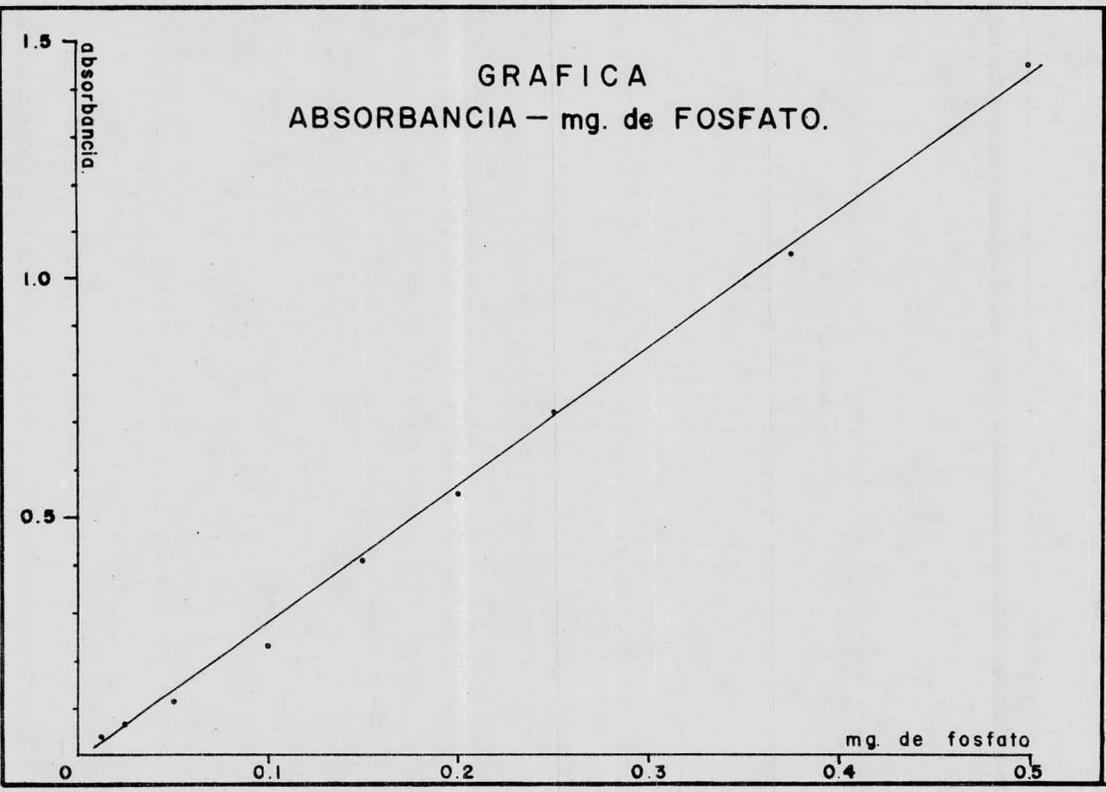
DIAGRAMA 8 TRATAMIENTO DE AGUA Y REPARTO DE AGUA Y VAPOR



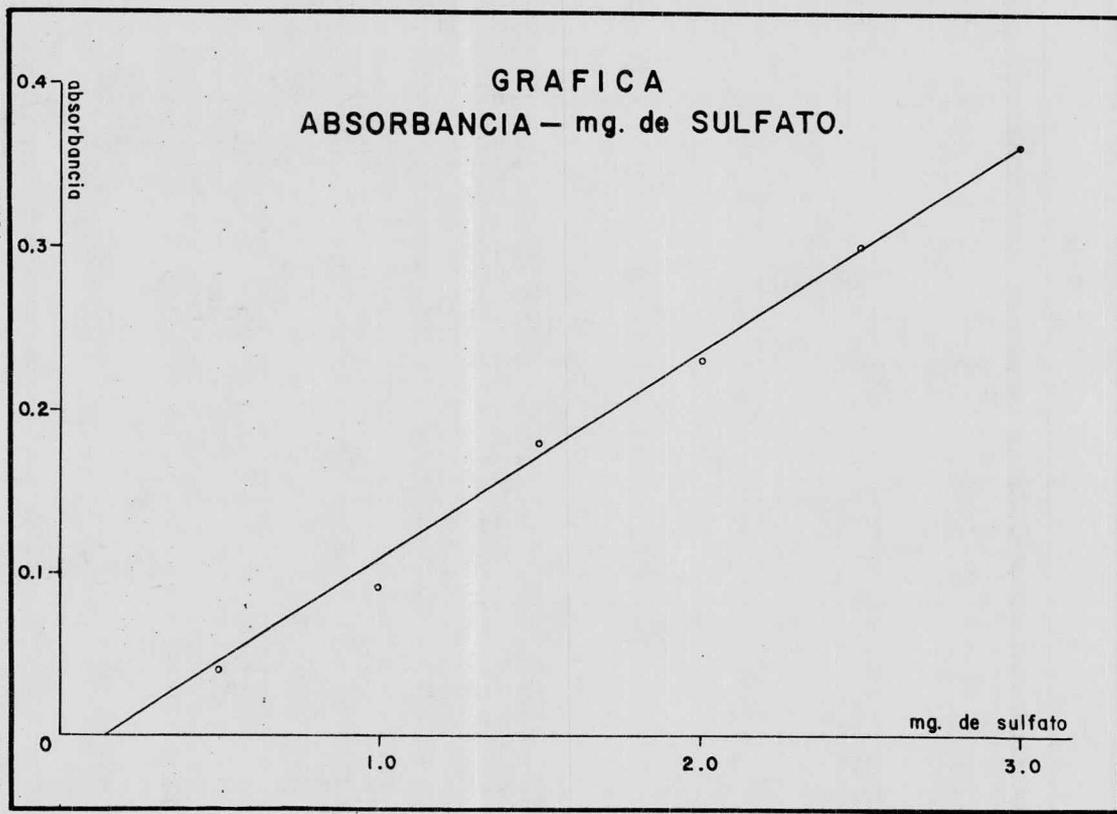


CICLO DEL NITROGENO

GRAFICA
ABSORBANCIA - mg. de FOSFATO.

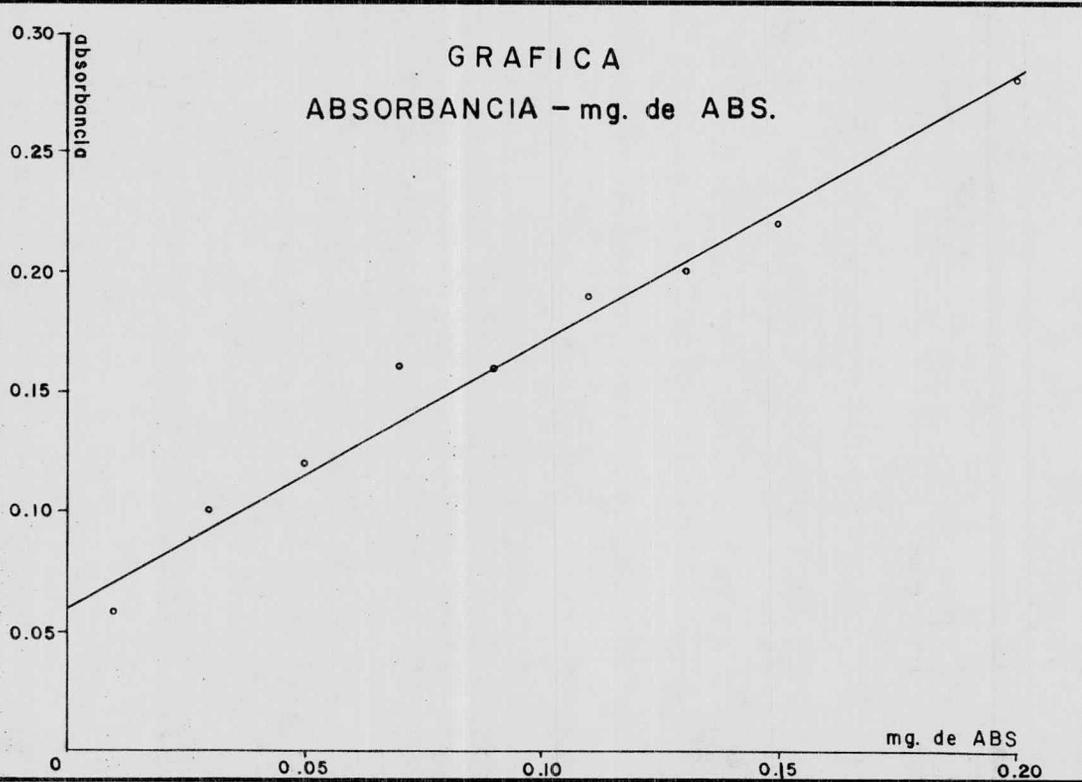


GRAFICA
ABSORBANCIA - mg. de SULFATO.



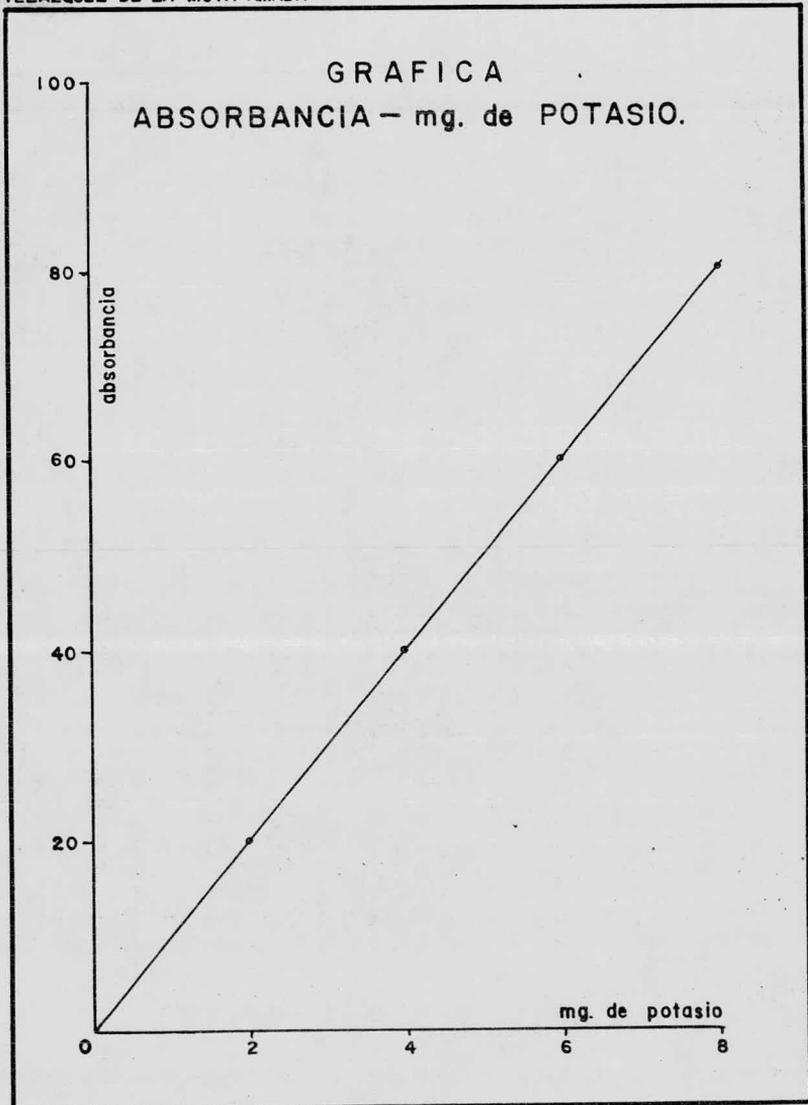
FACULTAD DE QUIMICA

UNAM

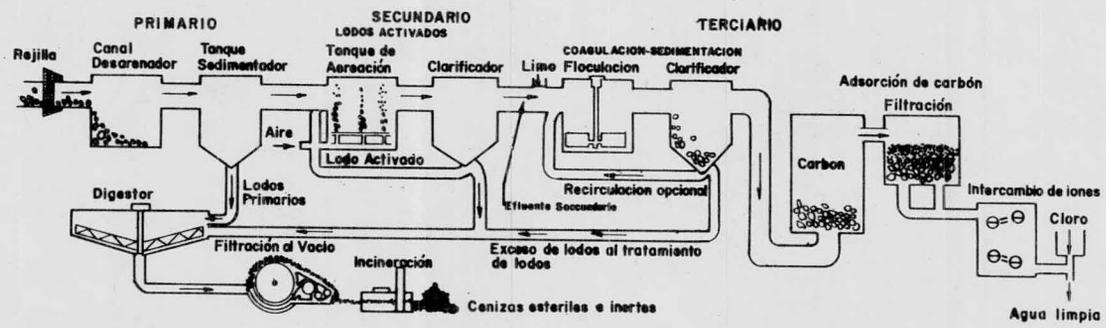


VELAZQUEZ DE LA MOTA AMADA

VAZQUEZ LOPEZ SILVIA



T RATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



CAPITULO VII

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los problemas que presentan las muestras 2, 4, 5 y 6, y los tratamientos que pueden dárseles a las aguas residuales, se hacen las siguientes sugerencias, haciendo notar que estos tratamientos no fueron probados experimentalmente y - que se desconocen los volúmenes exactos de cada corriente:

- 1.- Para la muestra No. 2 se le da un tratamiento previo, - primario y terciario (coagulación-sedimentación o intercambio iónico).

Pero tomando en cuenta que ésta muestra es tomada en los laboratorios y su volumen es "pequeño" comparando con el volumen de las otras muestras, es preferible -- unirla a la muestra No. 4, debido a que esta muestra - tiene un pH alto y la muestra No. 2 tiene un pH bajo.

- 2.- Para la muestra No. 4 se sugiere:

- a) Tratamiento previo.- Debido a que los filtros de las tinas 1 o 2 se rompen con frecuencia y parte de la celulosa obstruye las tuberías.
- b) Tratamiento primario (tanque de sedimentación)
- c) Tratamiento secundario (filtros biológicos)
- d) Tratamiento terciario (intercambio iónico y si el color no ha desaparecido, someter a adsorción de -- carbón activado).

3.- Para la muestra No. 6 se sugiere el tratamiento dado a la muestra anterior, debido a que presentan los -- mismos problemas.

4.- Para la muestra No. 5 se sugiere:

- a) Tratamiento previo
- b) Tratamiento primario (tanque de sedimentación)
- c) Tratamiento secundario (filtros biológico)
- d) Tratamiento terciario (intercambio iónico)

CAPITULO VIII

CAPITULO VII

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1.- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS-ASSOCIATION, POLLUTION CONTROL FEDERATION. "Métodos estan dar para el examen de aguas y aguas de desecho".- Editorial Interamericana, S. A. - 1963.
- 2.- DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, ALBAY,- "Manual de tratamiento de aguas negras".- Editorial Limusa Wiley, S. A. - 1964.
- 3.- DIRECCION GENERAL DE USOS DEL AGUA, PREVENCIÓN DE LA CONTA MINACION, S.R.H. - "Nutrientes en el agua". - 1975.
- 4.- FAIR AND GEYER.- "Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales" Vol. II.- Editorial Limusa-Wiley - 1971.
- 5.- MANUFACTURING CHEMISTS ASSOCIATION.- "Water Pollution Causes and Cures".-Community Relations Departament of the Manufac-turing Chemistry Association.- 1972.
- 6.- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.- "Aspectos Generales sobre el control de la contaminación del agua"
- 7.- SUBSECRETARIA DE PLANEACION, DIRECCION GENERAL DE USOS DEL-AGUA Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION.- "Manual del curso - de: Análisis de aguas y aguas de desecho", Vol. I y Vol. -- II. - 1973.