

2ej
46

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



ANTEPROYECTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA VINICOLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA

SOLEDAD ALBERTINA LIRA BENSEMAN

MEXICO, D. F.

1986

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

I N D I C E
= = = = =

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. PROCESO PRODUCTIVO CARACTERISTICO EN LA ELABORACION DEL VINO.....	5
II.1. Descripción General.....	5
II.2. Descripción del Proceso.....	8
III. CLASIFICACION DE CONTAMINANTES CARACTERISTICOS DE - LAS AGUAS RESIDUALES.....	13
III.1. Introducción.....	13
III.2. Caracterfsticas Físicas.....	14
III.3. Caracterfsticas Químicas.....	18
III.4. Caracterfsticas Organolépticas.....	22
III.5. Parámetros Utilizados en la Caracteriza- ción de las Aguas Contaminadas.....	28
IV. PROCESOS UNITARIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESI- DUALES.....	46
IV.1. Introducción.....	46
IV.2. Análisis de Procesos Unitarios Caracterfs- ticos.....	47

	Pág.
IV.3. Diagramas Típicos de Control de Contaminación.....	53
IV.4. Identificación de Reactivos Utilizados en el Control de la Contaminación de las - - Aguas Residuales.....	60
V. INDUSTRIA VINICOLA.....	69
V.1. Usos del Agua.....	69
V.2. Usos del Agua por Proceso.....	69
V.3. Balance General del Agua Residual.....	78
V.4. Requerimientos y Calidad del Agua del - Proceso.....	80
V.5. Aguas Residuales y sus características..	80
VI. ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA VINICOLA.....	82
VI.1. Sistemas de Tratamiento Utilizados en la Industria.....	82
VI.2. Alternativas de Diseño.....	84
VI.2.1. Tanque de sedimentación de to] va.....	85
VI.2.2. Tanque de sedimentación con -- adición de floculante.....	90

	Pág.
VI.2.3. Tanque de sedimentación primario, tanque de aereación y sedimentador secundario..	97
VI.2.4. Laguna de aereación y laguna de sedimentación.....	109
VI.3. Alternativas de Proceso que Utilicen menos Agua.....	116
VI.4. Alternativas de Reuso.....	117
VI.5. Recuperación de Subproductos.....	118
VII. ANTEPROYECTO DE COSTOS.....	119
VII.1. Costo de Tratamiento.....	119
VIII. CONCLUSIONES.....	129
IX. BIBLIOGRAFIA.....	134

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Pág.
FIG.		
2.1.	Proceso de Elaboración de Vino (Aguardiente).	12
	Neutralización de Acidos y Alcalis.....	54
	Bio-Filtro (incluye recirculación y una alta velocidad de aplicación).....	55
	Diagrama Típico de Tratamiento de Aguas.....	56
	Diagramas Típicos de Tratamientos de Aguas...	57
	Diagramas Típicos de Tratamientos de Aguas...	58
	Diagramas Típicos de Tratamientos de Aguas...	59
5.1.	Proceso de Elaboración del Vino (Aguardiente) Usos de Agua Fresca y Descarga de Agua Resi- dual.....	70
5.2.	Proceso de Elaboración del Vino (Aguardiente) Identificación de Características Contaminan- tes.....	71
6.1.	Diagrama de Flujo del Tanque de Sedimenta- ción de Tolva.....	86
6.2.	Balace General de Masa para el Sistema de Tra- tamiento, Tanque de Sedimentación de Tolva....	87

	Pág.
6.3. Diagrama de Flujo de Tanque de Sedimentación con Adición de Floculante.....	92
6.4. Balance General de Masa para el Sistema de -- Tratamiento, Tanque de Sedimentación con Adición de Floculante.....	93
6.5. Diagrama de Flujo del Sistema de Lodos Activados.....	98
6.6. Balance Parcial de Masa en el Sedimentador - Primario.....	100
6.7. Balance Parcial de Masa en el Tanque de Acercación y Sedimentación Secundario.....	102
6.8. Balance General de Lodos Activados.....	103
6.9. Diagrama de Flujo del Sistema de Laguna de Aereación y Laguna de Sedimentación.....	110
 TABLA.	
3.1. Diferentes Tipos de Sólidos.....	37
5.1. Uso de Agua por Proceso y por Día en Epoca - de Vendimia.....	74
5.2. Uso de Agua por Proceso y por Día en Epoca - Fuera de Vendimia.....	75
5.3. Uso de Agua en Servicios de Mantenimiento -- Cuando está Parada.....	76

	Pág.
5.4. Uso Anual de Agua por Proceso.....	77
5.5. Balance General de Agua.....	79
5.6. Uso de Agua por Litro de Aguardiente Procesa- do Demanda Anual.....	79
5.7. Contaminantes.....	81
6.1. Eficiencias del Tanque de Sedimentación de -- Tolva.....	87
6.2. Eficiencias del Tanque de Sedimentación con - Adición de Flocculante.....	91
6.3. Eficiencias del Tanque de Sedimentación Prima rio, Tanque de Aereación y Tanque de Sedimen- tación Secundario.....	99
6.4. Eficiencias de Laguna de Aereación y Laguna - de Sedimentación.....	109
8.1. Concentración de Contaminantes en el Efluente Final.....	132
8.2. Eficiencias en cada una de las Alternativas..	132

I INTRODUCCION

En el presente siglo la humanidad ha alcanzado un grado de desarrollo científico y tecnológico como no lo había logrado durante el transcurso de su existencia, dicho avance ha traído como consecuencia; un mayor bienestar al hombre; un aumento acelerado de la población mundial; la inmoderada explotación de los recursos minerales; la producción no controlada de sustancias contaminantes; y la cantidad exorbitante de desechos todo ello ha generado una amenaza para la salud del hombre: "la contaminación ambiental y la destrucción ecológica".

Hemos vivido mucho tiempo con la idea, que la naturaleza es un bien inagotable, gratuito y eterno; hoy descubrimos por lo contrario, que la naturaleza no es un bien inagotable, sino un bien raro, no gratuito, sino más bien caro de proteger y no eterno sino temporal, pues es muy frágil y corre el riesgo de desaparecer llevándose consigo en esta extinción, a la humanidad entera.

El agua, como elemento esencial para la vida, dado que constituye el principal componente del protoplasma celular y representa dos tercios del peso total del hombre y nueve décimas partes del peso de los vegetales; fue el primer recurso natural, que hizo necesaria la introducción de un tratamiento para el abastecimiento público de agua en las principales ciudades europeas; motivado por la incidencia de enfermedades, epidemias de tifoidea y de otras enfermedades de origen hídrico.

Debe considerarse que el agua está contaminada, cuando en su composición y estado están alterados de tal forma, que ya no reúne las condiciones para los fines a los que se hubiera destinado en su estado original.

Esta definición incluye tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta su potencialidad para el consumo diario o su utilización para actividades domésticas, industriales, agrícolas, etc., así como los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente.

La contaminación del agua debe ser controlada para que pueda ser usada varias veces, ya que menos del uno por ciento del agua que existe en el planeta, es utilizable. El 95 % es agua salada y el 4 % restante, lo constituye el agua en forma de hielo en los glaciales y casquetes polares. Estas cifras representan, de cara al futuro, un grave problema, ya que las reservas de agua dulce disminuyen de calidad día con día por el efecto de la contaminación, mientras que la población crece incontrolablemente. En relación a esto, la tecnología moderna ha hecho tales progresos que puede afirmarse que no existe ningún tipo de aguas, sean salobres o fuertemente contaminadas que no puedan ser depuradas o destinadas al consumo humano.

Este avance tecnológico funge como una respuesta ante el poder contaminante de la actividad humana que ha llegado a rebasar la capacidad autodepuradora del sistema ecológico, por lo que el verdadero control de la contaminación, debe consistir en la recirculación o reutilización de los materiales, pues no se debe considerar únicamente el producto terminado como algo que tiene valor y el residuo o contaminante como un producto del que hay que desprenderse. Desde el punto de vista de su origen, éste resulta de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas-habitación, edificios comerciales e instituciones, así como los provenientes de los establecimientos industriales, aguas

subterráneas, superficiales o de precipitación, que puedan agregarse.

Aunque la contaminación de las aguas, puede ser accidental, la mayor parte de las veces se deriva de vertidos no controlados de origen diverso, como son:

- a) Aguas negras domésticas: Son las que contienen desechos humanos, animales y caseros; también se incluye la infiltración subterránea. Estas aguas son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales o sólo en muy corta escala.
- b) Aguas negras sanitarias: Son las mismas que las domésticas pero no solamente incluyen las aguas negras domésticas, sino gran parte o en algunos casos, todos los desechos industriales de la población.
- c) Aguas pluviales: Formadas por todos los escurrimientos superficiales de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.
- d) -Aguas negras combinadas: Son la mezcla de las aguas negras domésticas y de las aguas pluviales cuando se recolectan en las mismas alcantarillas.
- e) Desechos industriales: Son las aguas de desecho, provenientes de los procesos industriales; pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas sanitarias o combinadas.

Estas últimas constituyen la mayor fuente con contaminación de las aguas. La mayoría de las industrias utilizan el agua en cantidades variables en sus diferentes actividades y se consideran como las de más alto índice de contaminación por los materiales que procesan: las del petróleo, el carbón,

químicas y derivadas de la celulosa.

- f) Contaminación de origen agrícola: Proviene principalmente de ciertos productos utilizados en la agricultura, plaguicidas y de residuos de origen animal.

Una lista de los productos contaminantes de las aguas dulces de un país, comprendería centenares de sustancias; su origen múltiple se suma a las combinaciones químicas que se producen.

Entre los productos orgánicos más frecuentes figuran: aminoácidos, ácidos grasos, éteres, detergentes aniónicos, aminas, amidas, etc.

Entre los componentes inorgánicos existen numerosas sales compuestas de iones, sodio, potasio, calcio, manganeso, cloruro, nitrato, bicarbonato, fosfato, sulfato y otros.

El estudio que a continuación se muestra, presenta una serie de alternativas viables en el tratamiento de las aguas residuales de una planta vinícola, teniéndose como objetivo principal que éstas se cumplan con el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, así como tener la opción de que las aguas tratadas puedan ser reutilizadas en el proceso de la planta en estudio o bien en parte de él, intuyéndose en esta forma, un ciclo.

II PROCESO PRODUCTIVO CARACTERISTICO EN LA ELABORACION DEL VINO

II.1.- DESCRIPCION GENERAL.

En la elaboración de aguardientes a base de uva, es importante conocer algunas materias primas que son determinantes para la transformación del jugo en aguardiente.

El componente más importante es el azúcar puesto que de este procede el alcohol del vino. Las uvas contienen entre el 15 y 25 % de azúcar, pero a veces se fermentan uvas parcialmente secas que contienen hasta un 30 o 40 % de azúcar. El porcentaje de azúcar, el grado de fermentación y las pérdidas o adiciones de alcohol durante la estancia en el lugar, determinan el porcentaje de alcohol en el producto terminado.

Se necesita por lo menos el 9 % de alcohol (en volumen) para prevenir la acetificación (avinagrado) del vino; a veces es preciso agregar azúcar para que la fermentación pueda alcanzar este valor o uno más alto. La cantidad de azúcar necesaria se calcula fácilmente por la ecuación de Gay-Lussac de la fermentación ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$), aproximadamente cada 1 % de azúcar, produce 0.55 de alcohol (en volumen); así es necesario un contenido mínimo de 16.4 % de azúcar para producir un vino de 9 % de alcohol.

El total de sólidos solubles de las uvas contiene más de 90 % de azúcar, por ello, basta hacer flotar un aerómetro en el zumo de las uvas, para determinar el porcentaje aproximado de azúcar, usándose para este fin el hidrómetro de Balling o el Brix, que dan lecturas en gramos de azúcar por 100 gramos, utilizándose también el aerómetro de Baumé como el refractómetro o el hidrómetro, para determinar el contenido aproximado -

en porcentaje de azúcar.

Los ácidos orgánicos figuran en segundo lugar como componentes importantes del fruto. En la totalidad de las uvas más comunes, son los ácidos málicos y tartáricos y varían según el estado de madurez, disminuyendo a medida que ésta se efectúa, influyendo la variedad de la uva, las condiciones climatológicas de la estación o la región de cultivo.

Las levaduras que originan la fermentación en las uvas -- son muy importantes y se encuentran y proliferan precisamente en la uva. Debido a que el pH de ellas se encuentra entre 3 y 3.6, los microorganismos causantes de enfermedades no se reproducen o bien lo hacen con demasiada lentitud, lo que permite la proliferación franca de las levaduras deseables. La acidez más bien fuerte de los mostos, ayuda también a la extracción de color de los hollejos y la clarificación del vino. En las uvas se encuentra una pequeña cantidad de materia nitrogenada 0.3-1.0 %, que tiene una importancia considerable para la nutrición de la levadura y para la estabilidad bacteriana, principalmente a causa de los aminoácidos presentes, alanina, arginina, ácido aspártico, cistina, ácido glutámico, glicina, glicocola, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina y valina. Durante la fermentación disminuye el contenido total de dichos aminoácidos, a pesar de que en determinados ácidos puede hallarse en mayor proporción en el vino acabado que en el mosto, debido a la liberación por autólisis de la célula de levadura.

Los pigmentos de la uva se encuentran ordinariamente en las células de la epidermis que durante la fermentación alcohólica mueren y sueltan estos pigmentos. Separando la piel de -

las uvas negras del mosto antes de la fermentación, es posible obtener un vino blanco o casi blanco, ya que las antocianinas de las uvas no sólo son causantes del color, sino que también ayudan a la clarificación. Por otra parte, los vinos tintos - contienen también una cantidad considerable de materias tánicas, lo que es muy importante para el sabor del vino e influye también en el potencial de oxidación y reducción del vino.

Los componentes inorgánicos no son de importancia crítica pues ordinariamente se encuentran en cantidades suficientes para el metabolismo de las levaduras o de las enzimas, pero el - hierro y el cobre en exceso pueden originar turbiedad.

Los vinos se producen normalmente por fermentación con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, var *ellipsoideus*. Esta y - otras levaduras se encuentran en las uvas y otros frutos y se multiplican rápidamente en los zumos dulces, causando fermentación.

Aunque este sistema resulta adecuado para las uvas en la mayor parte de los casos, puede ser insuficiente para los demás frutos. Cuando las condiciones climatológicas no son favorables y las uvas no se encuentran en las mejores condiciones, el sistema pudiera no ser satisfactorio tampoco para las uvas; por estas causas es costumbre agregar al mosto un cultivo puro de levadura.

Se dispone de varias cepas de *Saccharomyces cerevisiae* var *ellipsoideus*, pero sólo se han notado pequeñas diferencias en la composición o calidad de los vinos resultantes cuando se - usan cepas distintas sobre idénticas muestras de mosto y se - fermentan en las mismas condiciones.

Quando se utilizan cultivos puros de levaduras, se agre--

gan en proporción aproximada de 1-3 %. El cultivo para la fermentación industrial se produce de ordinario en mosto esterilizado; para evitar la proliferación de organismos indeseables - competidores, se agregan 50-200 mg/L de dióxido de azufre, -- aproximadamente dos horas antes de sembrar el cultivo de levadura. El dióxido de azufre obra como antiséptico selectivo - que permite la propagación más o menos ilimitada de las levaduras.

11.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la producción de aguardientes el equipo que se necesita no resulta demasiado sofisticado, aunque sí resulta costoso. Básicamente se requiere de molinos para exprimir el jugo, tanques de fermentación que pueden estar contruidos de madera, de concreto o de acero inoxidable, en nuestro medio lo más común es utilizar tanques de concreto y equipo de destilación.

No todos los pasos y procesos productivos se llevan a cabo durante el año, ya que están sujetos a la recolección de la uva o vendimia, cuya temporada en la República Mexicana comienza con algunas variaciones según el lugar, a partir del mes de Junio y su duración es regularmente de cuatro meses.

Hasta que la uva ha alcanzado cierto grado de madurez, se utiliza para la manufactura de aguardientes. En esta época es cuando las plantas vinícolas trabajan a su máxima capacidad de producción, desarrollándose todas las operaciones del proceso de elaboración. Sin embargo, la industria vinícola no se sujeta a la temporada y trabaja todo el año, gracias a que el mosto se puede almacenar. Esto quiere decir, que el proceso productivo de recolección de uva y de la utilización de molinos - para la obtención del jugo, únicamente trabajan en la época -

de vendimia.

Existen algunos intervalos durante el año, en los cuales todos los procesos productivos para su actividad y esto se debe, más que a desperfectos a aspectos legales, como permisos gubernamentales para su destilación.

En forma general, los procesos productivo de la industria vinícola son:

- 1.- Recolección de uva.
- 2.- Prensado o trituración.
- 3.- Fermentación para obtención de vinos.
- 4.- Separación del mosto y bagazo.
- 5.- Almacenamiento de mosto.
- 6.- Destilación.
- 7.- Almacenamiento de aguardiente.
- 8.- Dilución de aguardiente.

1.- Recolección de uva.- La uva generalmente se recolecta en camiones cuyas cajas han sido adaptadas para facilitar su manejo y depositarlas en los molinos.

2.- Prensado o trituración.- Esta operación se lleva a cabo en molinos de fabricación especial, adaptados para triturar la uva y separarla de sus tallos, la cáscara no se separa del jugo, pues es necesaria para la fermentación. La uva triturada pasa a tanques mediante bombeo originando el siguiente proceso productivo.

3.- Fermentación para obtención de vinos.- Esta operación consiste en depositar el jugo de uva en tanques, teniendo cuidado de que la temperatura no se incremente dema--

siado (30° C), la fermentación es exotérmica. Es práctica común que cuando la temperatura ambiente es elevada, - el vino contenido en estos tanques esté recirculando a -- través de un enfriador, pues de otra manera se corre el - riesgo de echar a perder el vino. En climas templados se puede prescindir de este enfriamiento.

La fermentación se lleva a cabo manteniendo las levaduras contenidas en las cáscaras de las uvas en contacto con el jugo. Sin embargo, regularmente esta levadura no es sufi- ciente, por lo que hay que agregar más hasta obtener el - grado alcohólico deseado (10 a 12 grados Gay-Lussac).

4.- Separación del mosto y bagazo.- Regularmente el bagazo - de la uva se asienta en el fondo de los tanques de fermen- tación, de manera que el mosto se puede bombear fácilmen- te a los tanques de almacenamiento; sin embargo, el baga- zo que queda, todavía está saturado de mosto y algunos fa- bricantes extraen lo más posible al introducirlo en una - especie de bomba centrífuga que acaba por exprimirlo.

5.- Almacenamiento del mosto.- Una vez que el jugo se ha fer- mentado, se le llama mosto y puede pasar inmediatamente a la siguiente operación productiva (destilación) o bien a almacenarlo, para ser utilizado en su oportunidad.

Los tanques de almacenamiento pueden ser de concreto, pe- ro últimamente se han utilizado más los de acero inoxida- ble.

6.- Destilación.- El mosto que va a ser destinado a destila- ción, se bombea de los tanques de almacenamiento al equi- po apropiado; pueden ser alambiques tipo olla, en cuyo -

caso, la destilación es más laboriosa, debido a que es intermitente; o bien, a torres de destilación cuya operación es continua y por consiguiente se obtiene mayor producción.

La destilación en las torres se hace mediante el arrastre con vapor de agua a contra corriente con el mosto, su objeto es separar algunas sustancias no deseables como aldehidos, ésteres y algunos alcoholes superiores, para dejar una mayor cantidad de etanol.

- 7.- Almacenamiento de aguardiente.- Al licor que queda de la destilación se le llama aguardiente y tiene mayor concentración de alcohol que el brandy comercial.

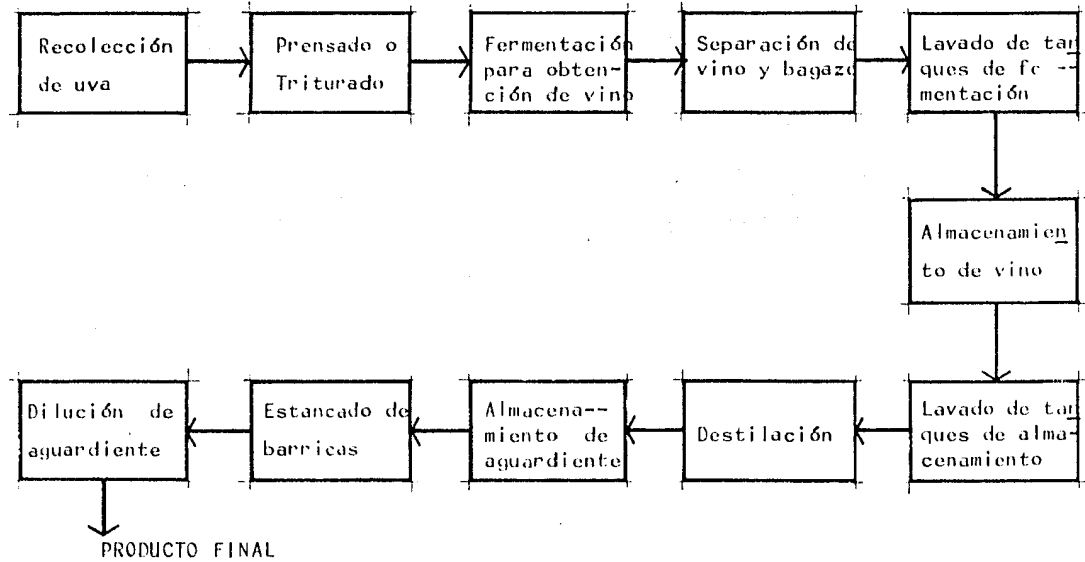
El aguardiente se almacena en barricas de madera para que alcance un adecuado grado de añejamiento.

- 8.- Dilución de aguardiente.- Una vez que el aguardiente ha alcanzado su óptimo grado de añejamiento y está listo para envasarse, es necesario diluirlo con agua que esté libre de cualquier impureza, con objeto de bajar el grado - alcohólico hasta lograr el contenido con el que los brandis salen a la venta.

En la figura no. 2.1 se describe el proceso expuesto anteriormente, indicándose además su diagrama de flujo.

FIG. No. 2.1.

PROCESO DE ELABORACION DE VINO (AGUARDIENTE)



III CLASIFICACION DE CONTAMINANTES CARACTERISTICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

III.1.- INTRODUCCION.

La breve descripción sobre los contaminantes que se hace a continuación, está basada en la clasificación de los contaminantes, resultado de identificar las fuentes de contaminación tomando en cuenta los que se mencionan en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

Se consideró importante introducir una serie de elementos contaminantes que no están directamente señalados en el Reglamento, pero que se ven incluidos mediante la medición de sus características físicas, químicas y organolépticas, tales como: conductividad, color, pH, sólidos sedimentables, etc., que sí aparecen en el Reglamento; es el caso del hierro, magnesio, zinc, calcio, virus, hongos, etc., por esto se mencionan y definen los principales parámetros tomados en el análisis de las aguas residuales. Esto se hace con el fin de tener una visión más amplia de las descargas, del grado de contaminación de las mismas y de los efectos que producen.

Para el fácil manejo de esta sección, hubo que presentar la siguiente descripción:

1.- Características Físicas:

- pH (Potencial de Hidrógeno)
- Conductividad
- Temperatura
- Turbiedad

2.- Características Químicas:

- Dureza
- Alcalinidad
- Acidez

3.- Características Organolépticas:

- Sabor
- Olor
- Materia flotante y suspendida
- Color
- Espuma

4.- Parámetros usados en la caracterización de aguas contaminadas:

- OD (Oxígeno Disuelto)
- DTO (Demanda Total de Oxígeno)
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)
- DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- COT (Carbón Orgánico Total)
- Sólidos disueltos y suspendidos
- Sólidos sedimentables
- Sólidos volátiles y fijos
- Detergentes
- Aceite y grasas
- NMP (Número más probable bacteriológico)
- Demanda de Cloro

III.2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

pH

El valor del pH o la concentración de los iones hidrógeno, es un término usado para medir la intensidad de la reacción ácida o alcalina del agua y se define como el logaritmo común del recíproco de la concentración de iones hidrógeno o sea $pH = \log 1/(H^+)$. Cuando el agua no contiene ácido ni álcali, se dice que su valor de pH es igual a 7.0 que es el va-

lor neutro del pH. Si a esta agua se le agrega un ácido fuerte, el valor del pH baja notablemente, si por el contrario, se le adiciona una base fuerte, el valor del pH variará ligeramente. Los valores del pH van desde 1.0 hasta 7.0 indicando esto acidez; 7.0 indica neutralidad y los valores que van de 7.0 a 14 indican alcalinidad.

Hay que señalar que el pH tiene una gran importancia en el área de suministro de agua, ya que teniendo un control adecuado, se llevan a cabo efectivamente las operaciones de coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de la corrosión. De la misma forma, en los tratamientos de aguas residuales, donde se tienen que llevar a cabo un tratamiento biológico, el control adecuado permite a los microorganismos desarrollarse normalmente, ya que cuando hay una marcada variación en el pH, ocasiona su muerte. Es el mismo caso para la vida acuática.

Cuando las estructuras, ductos, etc. están en contacto con aguas que tienen un pH bajo, les causan corrosión. Todo esto se puede contrarrestar de manera efectiva cuando a estas soluciones se les neutraliza según el caso.

Conductividad

Es la capacidad del agua para transmitir la corriente eléctrica y depende de la naturaleza y la concentración total de sustancias ionizadas contenidas en ella, así como de la temperatura.

La mayoría de las aguas crudas y purificadas presentan una conducción alrededor de 50 a 500 micromhos/cm. Aguas altamente mineralizadas tienen una conductividad entre 500 y 1000 micromhos o más. Así, algunas aguas de desechos industriales

tienen una conductividad mayor de 10,000 micromhos/cm.

Las mediciones de la conductividad se utilizan para comprobar la pureza de una agua destilada y desionizada, también para conocer las variaciones de las concentraciones de los minerales disueltos en las aguas crudas o de los desechos contaminantes en los afluentes de agua industrial y doméstica, así como para determinar la cantidad del reactivo iónico necesario en ciertas reacciones de precipitación.

Temperatura

La temperatura es la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sustancias.

El agua en su estado natural suele estar fría y cuando su temperatura se ve afectada por aguas residuales que aumenten su valor arriba de lo normal, es en sí, un contaminante. Cualquier cambio en la temperatura, afecta adversamente la vida acuática, sabor y olor, ya que la temperatura es uno de los factores que gobierna la cantidad de oxígeno disuelto y la cantidad de sólidos disueltos.

La temperatura de los cuerpos de agua, influye directamente en los procesos de autopurificación de los desechos vertidos, afectando simultáneamente la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación del oxígeno disuelto y la rapidez de aereación; de ahí que el oxígeno pueda consumirse con mayor rapidez de lo que se restituye y que el contenido de oxígeno en las aguas pueda desaparecer completamente, propiciando procesos de estabilización anaeróbicos normalmente ofensivos a los sentidos.

Turbiedad

La turbiedad es el efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión. Puede ser causada por una gran variedad de materiales tanto orgánicos como inorgánicos y que pueden provenir del arrastre natural de los ríos o del que se recolecta cuando estos pasan por zonas urbanas arrastrando con ellos material doméstico e industrial.

El lavado de las calles y el agua pluvial, que en la mayoría de los casos está conectado con la misma red de alcantarillado, contribuyen a la turbiedad. Algunos materiales que se pueden mencionar son los siguientes: el limo extraído del suelo, escurrimientos superficiales que contienen material orgánico y mineral en suspensión, el carbonato de calcio precipitado en las aguas duras, el hidróxido de aluminio en las aguas tratadas, el óxido de hierro precipitado y los organismos microscópicos y sustancias similares.

En lo referente a la calidad del agua, es importante considerar la turbiedad, ya que no es común que el consumidor acepte el agua cuando ésta presenta aspecto desagradable a la vista. Por otra parte, cuando el agua es turbia, dificulta la operación de filtración y en relación a esta dificultad, se incrementan los costos de filtración.

Cuando la turbiedad es causada por desechos sólidos, muchos de los organismos patógenos pueden estar resguardados en las propias partículas, originándose por consiguiente una protección hacia los desinfectantes.

No es conveniente rebasar la turbiedad en 5 unidades, con el fin de evitar que el desinfectante sea ineficaz. El método que se considera estándar para la medición de la turbidez, es

el método Turbidimétrico de Jackson y se basa en el paso de la luz a través de una suspensión que haga desaparecer la imagen de la flama de una bujía patrón o sea, que la haga indistinguible contra el fondo de iluminación general cuando se observa la flama a través de la suspensión. Cuando la turbiedad es mínima, la luz pasa libremente sin que haya absorción, no así, cuando existe ésta.

III.3.- CARACTERISTICAS QUIMICAS.

Dureza

La dureza en el agua se presenta por causa de los cationes metálicos divalentes y generalmente se dice que el agua es dura cuando al agregarle cantidades considerables de jabón, no hay producción de espuma. Se tiene que hacer la consideración de que el agua es un solvente universal y disuelve cantidades variables de sustancias minerales que no afectan la calidad sanitaria del agua, pero que son importantes para el uso doméstico, especialmente para lavado, pero también en el uso industrial, ya que los cationes metálicos consumen jabón y lo precipitan en forma de compuestos insolubles o grumos de jabón. En tanto no se hayan precipitado todos los cationes metálicos, no se obtendrá espuma o acción lavadora.

Las sales de los cationes metálicos están disueltas generalmente en forma de bicarbonatos, pero por el calentamiento, pueden transformarse en carbonatos menos solubles que se precipitan y son el origen de las incrustaciones en las tuberías para agua caliente, intercambiadores de calor, calentadores y cualquier otro tipo de equipo en donde se incremente la temperatura del agua.

Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas y en términos generales, las aguas superficiales son más blandas que las de manantial.

La clasificación más común que se tiene para expresar los grados de dureza del agua, es:

0 - 75 mg/l CaCO ₃	-----	Suave
75 - 150 " "	-----	Moderadamente dura
150 - 300 " "	-----	Dura
Más de 300 " "	-----	Muy dura

Como se nota, la dureza se expresa en términos de carbonato de calcio. Los principales cationes que causan la dureza del agua, así como los aniones que más comunmente se asocian a estos, son:

Ca ⁺⁺	-----	HCO ₃ ⁻
Mg ⁺⁺	-----	SO ₄
Sr ⁺⁺	-----	Cl
Fe ⁺⁺	-----	NO ₃
Mn ⁺⁺	-----	Si ₃

Las aguas duras pueden ser consumidas por el humano en forma tan satisfactoria como lo puede hacer con las aguas blandas; en donde existe problema es en el campo industrial debido a las incrustaciones que se originan, así como en la limpieza en general debido a su acción adversa hacia el jabón como ya se había expresado anteriormente; por esto, ha sido necesario el diseño de tratamientos especiales para remover la dureza.

Quando se quiere determinar la dureza común en el agua, se emplea el método de titulación con EDTA (Acido etilen diamino tetra acético) y consiste en la formación de un complejo débil de color rojo vino debido a la presencia de un colorante

llamado Negro de Eriocromo T en medio ácido. La liberación de este color se logra a base de la titulación con EDTA al formar un complejo más estable con los iones. El volumen de EDTA empleado en la titulación es equivalente a la presencia de dureza en el agua.

Alcalinidad

La alcalinidad en el agua, es la medida de su capacidad para neutralizar los ácidos en la misma forma que es una medida de los constituyentes alcalinos del agua. En las aguas naturales la alcalinidad proviene de las sales de ácidos débiles, aunque también pueden contribuir las bases débiles y fuertes; se presenta generalmente en forma de oxhidrilos, carbonatos y bicarbonatos. También cantidades considerables, provienen de la acción del Dióxido de Carbono sobre los materiales básicos. Ejemplo: $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Cuando en el agua está presente alguna sal ácida, como -- por ejemplo el alumbre y reacciona con la alcalinidad del agua, forma flóculos; si la alcalinidad presente es insuficiente para reaccionar con todo el alumbre, la coagulación será incompleta y por lo tanto seguiría siendo ácida; sería necesario -- agregar alcalinidad al agua en forma de soda - ash o cal - para completar la coagulación y así prevenir que el agua coagule sea corrosiva.

Dentro de los límites razonables, la alcalinidad no tiene significancia sanitaria, pero cuando un agua es sumamente alcalina, no es agradable al paladar, razón suficiente para hacer que los consumidores busquen otra fuente de suministro. Para usos domésticos, es deseable tener una alcalinidad menor de -- 10 mg/l. La alcalinidad se determina por titulación con una -

solución valorada de un ácido fuerte mineral, a los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y al ácido carbónico, bien sea electrométicamente o por medio de indicadores.

Acidez

En muchos casos, la acidez se puede deber a la presencia de dióxido de carbono disuelto, en otros casos a las sales de ácidos fuertes y bases débiles o bien por la producción de dióxido de azufre o por las piritas de hierro que provienen de las minas y formaciones geológicas. Se deben considerar además, los ácidos minerales provenientes de los desechos industriales, como en el caso de la industria metalúrgica y los que se producen en la manufactura de materiales orgánicos sintéticos.

Se debe considerar con mayor detalle la acidez proveniente de la presencia de dióxido de carbono, que es un compuesto que normalmente se encuentra en las aguas naturales. El agua que está en contacto con la superficie, puede absorber de la atmósfera el CO_2 y esto ocurre cuando la presión parcial del CO_2 en el agua es menor que la presión parcial en la atmósfera. Además el CO_2 se puede producir en el agua por la oxidación biológica de la materia orgánica, particularmente en el agua contaminada, en este caso si se limita la actividad fotosintética, la presión parcial del CO_2 aumenta y éste tiende a escapar del seno del líquido. Se puede concluir de aquí, que las aguas superficiales mantienen su equilibrio con la atmósfera al estar cediendo y absorbiendo el dióxido de carbono.

Las aguas que contienen acidez mineral son poco satisfactorias al paladar humano, aunque realmente no existe problemas relacionados al consumo de esta agua por lo humanos.

Las aguas ácidas tienen bastante importancia para los ingenieros sanitarios debido a sus características corrosivas, así como el alto costo empleado para evitar o remover las sustancias presente que originan la corrosión.

En casi todas las aguas, la corrosión es debida al CO_2 y en los desechos industriales se debe principalmente a los ácidos minerales. La acidez debe ser controlada perfectamente; cuando por necesidad se tiene un tratamiento biológico, el pH debe mantenerse dentro del rango de 6 a 9.5 .

La acidez se puede determinar por titulación con un indicador o a partir del pH y de la alcalinidad.

111.4.- CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS.

Sabor

El sabor es un factor importante, ya que puede ser un indicador directo de la presencia de sales inorgánicas disueltas de fierro, zinc, manganeso, cobre, sodio, potasio, etc., desechos de drenajes, quemado de carbón, papel kraft y procesos petroquímicos entre otros, los que contribuyen al mal sabor del agua.

El sabor en el agua puede ser el resultado de fenómenos naturales tales como: materia orgánica en descomposición, algas o limo bacterial y microorganismos vivos que contienen aceites esenciales. Los procesos empleados para la eliminación del sabor son: coagulación, absorción por carbón, aeración y oxidación con cloro o con el uso de otros agentes oxidantes.

Solamente existen cuatro (4) sabores: agrio, salado, -

dulce y amargo, los cuales no deberán ser suficientemente intensos en el agua como para causar una impresión sobre el consumidor, sin que éste los busque deliberadamente. La cloración usada frecuentemente para la desinfección del agua acentúa los sabores, los que pueden ser eliminados como se había dicho antes, por oxidantes fuertes como el dióxido de cloro y el ozono o por una sobre cloración.

Por lo general, el sabor del agua está íntimamente relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones. Para las pruebas se confía en el sentido del gusto generalmente sobre las muestras que se recolectaron para las pruebas de olor, el sabor es una medida de aceptación del agua por el consumidor y un cambio en sus características causa reclamaciones si los consumidores han llegado a acostumbrarse a cierto tipo de sabor.

Olor

El olor en el agua se debe a la presencia de gases disueltos, tales como: ácido sulfhídrico, compuestos volátiles orgánicos, descomposición vegetal, algas o limo bacterial, que dan al agua un olor desagradable.

La intensidad y lo ofensivo de los olores varía con el tipo de agente odorífico, algunos son a tierra y moho, otros son putrefactos; existen olores de las aguas superficiales -- producidos por los desechos industriales, tales como: el fenol o los derivados del petróleo. En la mayor parte de los casos los olores indeseables en las aguas superficiales son producidos por el plancton. Cuando estos organismos aumentan en concentración, los olores no son tan intensos, como cuando disminuyen debido a su muerte y descomposición.

En plantas de tratamiento de aguas residuales el principal origen de los olores son de:

- 1.- Desechos sépticos conteniendo ácido sulfhídrico que llegan a la planta.
- 2.- Descargas de desechos industriales al sistema colector.
- 3.- Espuma en tanques de asentamiento primario.
- 4.- Lodos en tanques espesadores.
- 5.- Desprendimiento de gases en hornos incineradores.
- 6.- Operaciones de mezclado químico.
- 7.- Incineración de lodos.

Debido a las pequeñísimas concentraciones que producen olores, los procedimientos analíticos no son satisfactorios para su medición y tiene que confiarse en el sentido del olfato; por lo general, el olor se determina en el agua cruda y tratada y deben examinarse muestras de los sistemas de distribución. Las muestras deberán tomarse con la menor aereación posible para que no se pierda el olor.

Materia Suspendida y Flotante

La materia suspendida, es aquella que no se encuentra disuelta y que constituye el residuo filtrado de una muestra. La materia suspendida produce turbiedad, ya que contiene las substancias que se han descargado y las que arrastra la corriente desde el fondo, dependiendo de las características hidráulicas del cuerpo receptor, por lo que impedirá el paso de la luz a través del agua, impidiendo la actividad de fotosíntesis

de la vida vegetal e incrementando el consumo de oxígeno disuelto y la existencia de bióxido de carbono (CO_2) en las aguas, transformándose así una fuente de oxígeno en consumidor del mismo.

La determinación de la materia suspendida es un parámetro esencial para el diseño de unidades de tratamiento y disposición de los lodos. La cantidad en materia suspendida en una muestra de lodos, nos indica la eficiencia de las unidades de sedimentación y coagulación química y sobre todo, su poder contaminante concentrado en el residuo.

La materia flotante es aquella que por su baja densidad con respecto al agua, se halla flotando sobre la superficie de los cuerpos líquidos receptores.

La materia flotante puede ser originada por tiraderos de basura en las cercanías de las riberas de los ríos, por deslaves originados por precipitaciones pluviales y la disposición directa de los objetos tales como: plástico, grasas, aceites, animales en estado de descomposición y algunos constituyentes de desechos municipales e industriales, definida en el Reglamento como aquello que pueda ser retenido por mallas de 3 mm. de claro libre cuadrado y servirá para diseñar las rejillas y tamices en el tratamiento preliminar.

En este análisis la materia suspendida será cuantificada en forma total, dado que así es recomendado para pruebas en lodos residuales. Los métodos existentes no difieren mucho de su procedimiento aunque sí en el aparato por usar que puede ser el Crisol Gooch, platillos de aluminio o el recomendado actualmente por: "Los Métodos Estandar para el Análisis de Aguas y Aguas de Desecho" y que sugiere el uso de filtros de fibra de vidrio.

Color

El color del agua es ocasionado generalmente por la extracción de materia colorante del humo de los bosques o de materia vegetal de los pantanos y áreas de poca profundidad. Esta materia colorante natural está formada por compuestos de humus y el ácido tánico, los cuales originan un color café amarillento en las aguas superficiales. En ciertos casos puede ser impartido color al agua por el hierro disuelto como producto de corrosión y además en productos de desechos industriales como es el caso de las industrias de papel y textil.

El color en el agua es de dos tipos: el color "verdadero" es el que está presente en el agua después de haberse removido la materia suspendida y el color "aparente" que es el color verde más cualquier otro color que produzcan las sustancias en suspensión.

Las aguas contienen coloración debida a sustancias naturales en descomposición no poseen propiedades tóxicas o perjudiciales; dicha coloración adquirida por esa agua es amarillo pardo y se le tiene una aversión natural debido a su aspecto antiestético.

Es importante abastecer a los consumidores con agua de buena calidad, para evitar que estos busquen otras fuentes de suministro que puedan estar contaminadas.

Existen dos métodos para determinar el color:

- A).- Por comparación visual de la muestra con soluciones coloridas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con las soluciones anteriores, el método normal es el platino - cobalto y la unidad de color es producida por 1 mg/l de platino en forma de--

ión cloro platinado.

B).- Método espectrofotométrico. Es el recomendado para aguas de desecho doméstico e industriales, puesto que presentan colores muy diferentes a los obtenidos con la solución -- del método normal, por lo que es necesario usar un método instrumental para su determinación y como la mayoría de -- las aguas están en esta clasificación, se selecciona este método de determinación colorimétrica.

Espuma

Las corrientes de descarga de industrias son las principa les productoras de espuma, también las producen las descargas de aguas municipales, las cuales portan detergentes de uso do- méstico.

El efecto principal producido por la espuma es el impedi- miento del paso de la luz a través del agua, impidiendo la acti- vidad de fotosíntesis de la vida vegetal evitando la producción de oxígeno, aumentando la producción del bióxido de carbono - (CO_2).

La formación de una capa espesa de espuma sobre la super- ficie de los tanques de aereación, se ha convertido en uno de los problemas más graves y comunes para los operadores de las plantas de lodos activados.

La materia que produce espuma tal como es descargada por fábricas textiles, de pulpa y papel y plantas químicas, dan -- una indeseable apariencia a la corriente receptora, lo que es un indicador de contaminación.

La turbiedad, color y los sólidos totales fuertes, están asociados a la formación de espuma. Los aditivos antiespuman

tes químicos, son accesorios útiles para el control mediante purgas. Generalmente, a simple vista puede determinarse la existencia de espuma.

III.5.- PARAMETROS USADOS EN LA CARACTERIZACION DE LAS AGUAS CONTAMINADAS.

Oxígeno Disuelto.

El oxígeno disuelto se debe a tres orígenes: el aportado por la propia corriente, el tomado del aire en la superficie al contacto con el agua y el producido por las plantas verdes bajo la acción de luz solar. El agua sólo toma oxígeno del aire hasta llegar a la saturación. Con fuerte luz solar y la presencia de plantas verdes, se han encontrado concentraciones de oxígeno no mayores al de saturación.

Las mediciones de oxígeno disuelto (OD) junto con las necesidades de oxígeno (la demanda bioquímica de oxígeno DBO) es uno de los parámetros más importantes que se usan para determinar el grado de contaminación del agua. El oxígeno disuelto es indispensable para la supervivencia de los peces y otros organismos acuáticos.

Las aguas residuales que se descargan en los cuerpos de agua, no deben contaminarlos hasta el punto de que el oxígeno disuelto en ellos sea reducido al grado de que produzca la muerte de la fauna y flora, pues esto aumentará más aún la contaminación ya existente.

El oxígeno disuelto es un agente activo hasta el punto de ser corrosivo, como en el caso del hierro y el acero, particularmente en los sistemas de distribución y en las calderas. Se remueve oxígeno del agua de calderas mediante tratamientos

físicos y químicos y la determinación de OD sirve como prueba de control.

En los procesos de tratamiento aeróbico y anaeróbico, la determinación de oxígeno disuelto es indispensable para controlar el tiempo de aereación y mantener las condiciones favorables de crecimiento, desarrollo y reproducción de los microorganismos empleados.

El método Winkler para la determinación de OD y sus modificaciones, son los procesos más usados actualmente, la determinación depende del hecho de que el O_2 (Oxígeno) oxida al Mn^{++} (Manganeso) a un estado más alto, bajo condiciones alcalinas y que el manganeso en estado de valencia más altos, puede oxidar ioduros a iodo, bajo condiciones ácidas.

Otro método muy práctico consiste en su medición en celdas de sensibilidad por medio de análisis de campo para oxígeno disuelto. El funcionamiento de este aparato se basa en la medición de la presión parcial del oxígeno bajo el principio del método polarográfico. Es un aparato portátil diseñado especialmente para medir el oxígeno disuelto en el campo o en la industria, en el mismo lugar del muestreo.

Demanda Total de Oxígeno (DTO)

La demanda total de oxígeno, es la evaluación de oxígeno necesario para oxidar los componentes de una muestra para convertirlos en óxidos estables.

Este análisis se lleva a cabo en una cámara de combustión utilizando como catalizador platino y como medio, una corriente de gas nitrógeno. La demanda total de oxígeno (DTO) de una muestra, se obtiene mediante un detector (celda electrolítica),

decaídas en la concentración de equilibrio de oxígeno en la superficie del catalizador.

La alta demanda total de oxígeno (DTO) evaluada por medio de esta prueba, se atribuye a la oxidación de materiales refractarios y a que no se filtra la muestra, por lo que ocasiona una mayor oxidación del material suspendido.

Se debe considerar que los nitratos interfieren el método por abastecer de oxígeno a la corriente de gas, evitando las caídas en el equilibrio de la concentración de oxígeno en la superficie del catalizador.

Las reacciones químicas que se llevan a cabo dentro del catalizador son:

REACCIONES EN LA DEMANDA TOTAL DE OXIGENO

	ESTADO DE OXIDACION ALTAMENTE ESTABLE	EFICIENCIA DE REACCION
$C + O_2$	CO_2	95 - 100%
$2H_2 + O_2$	$2H_2O$	95 - 100%
$2N_3 + 3O_2$	$6NO$	95%
$S + 2O_2$	SO_4	78%
$SO_3 + 1/2 O_2$	SO_4	72%

La importancia de este método radica en la rapidez de la determinación, la cual se puede correlacionar con los valores observados de DBO, DQO y COT.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) com--

prende la determinación del oxígeno consumido por los organismos vivos, bajo condiciones aerobias, principalmente bacterias, las cuales utilizan la materia orgánica presente en el desecho, como alimento en condiciones muy similares a las naturales. A causa de la solubilidad limitada del oxígeno en el agua que es de 9.2 mg/l a 20°C y una atmósfera. Los desechos con alto contenido de contaminantes, tienen que ser diluidos a niveles de demanda que se mantengan dentro de este valor para asegurar -- que el oxígeno disuelto esté presente en todo el periodo de -- prueba.

Es importante que las condiciones ambientales sean favorables para el desarrollo de los organismos vivientes, por lo -- que las sustancias tóxicas deben evitarse y procurar que las -- sustancias nutrientes necesarias para el crecimiento de bacterias estén presentes, tales como: nitrógeno, fósforo y otros elementos.

La degradación biológica de la materia orgánica bajo condiciones naturales, es producida por grupos heterogéneos de -- organismos llamados gérmenes, que complementan esencialmente -- la estabilización.

Los factores principales que originan una alta DBO, en -- una fuente de desechos son:

- 1.- Material orgánico carbonáceo, normalmente degradado por -- microorganismos aeróbicos y principalmente si el oxígeno no es constituyente del desecho.
- 2.- Nitrógeno oxidable en formas orgánicas o inorgánicas.
- 3.- Compuestos químicos reductores como: ión ferroso, sulfuros y sulfitos.

Los problemas principales ocasionados cuando alta DBO entra en plantas de tratamiento de desechos municipales son: corrosión en el sistema, sobrecarga de lodos en el equipo, sobrecarga de las cribas y tamices, pueden reducir la eficiencia de los tanques de asentamiento y de remoción de sólidos o problemas de espuma asociados con alto contenido de aceites y grasas.

Los métodos para efectuar la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno son:

Método directo:

Se analizan dos muestras aereadas, previniendo que el contenido de oxígeno disuelto en las muestras, sea a niveles cercanos al de saturación; se analiza una muestra inmediatamente para la medición de oxígeno disuelto y la segunda se incuba durante un período de 5 días, manteniéndola a 20 °C y determinando el oxígeno remanente disuelto en las muestras incubadas. La cantidad de oxígeno requerida por los organismos vivos para estabilizar la sustancia orgánica susceptible a la descomposición, se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de los cinco días de incubación.

Método de dilución:

Se basa en la proporción de degradación bioquímica de la materia orgánica, la cual es directamente proporcional a la cantidad de material existente no oxidable. De acuerdo a esto, la cantidad de oxígeno no usado en las diluciones de los desechos, se encuentra en relación directa al porcentaje de los desechos en la dilución, tomando en cuenta que todos los demás factores permanecen iguales.

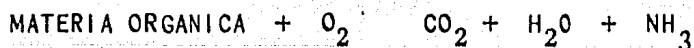
En cualquier bioprueba, es importante controlar los factores nutricionales, de tal forma que no interfieran con la acción deseada, en la prueba DBO, esto significa que cualquier influencia en relación a la cual la materia orgánica está biológicamente estabilizada, tiene que mantenerse bajo estricto control y altamente reproducible de prueba a prueba.

Los factores de mayor importancia en esta prueba son:

- 1.- Liberación de materiales tóxicos.
- 2.- pH favorable y condiciones osmóticas.
- 3.- Presencia de elementos nutrientes.
- 4.- Temperatura estandar (20 °C).
- 5.- Presencia de una población significativa de organismos heterogéneos.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

La demanda química de oxígeno, es ampliamente usada como una forma de medir la contaminación que causan los desechos, tanto domésticos como industriales. Esta prueba permite la medición de un desecho en términos de la cantidad total de oxígeno requerido para oxidar al CO₂ y agua en materia orgánica, de acuerdo a la ecuación:



Está basada sobre el hecho que todos los compuestos orgánicos con pocas excepciones, pueden ser oxidados por la acción de un agente oxidante bajo condiciones ácidas, el nitrógeno de las aminas será convertido en amoníaco según la ecuación anterior, por lo mismo, el nitrógeno orgánico en estado de oxidación más alto, se convertirá en nitratos.

Durante la determinación del DQO, la materia orgánica es convertida en bióxido de carbono y agua, sin considerar la asimilación biológica de las sustancias, por ejemplo: la glucosa

y las ligninas son oxidadas completamente. Como resultado los valores del DQO son más grandes que los valores de DBO y pueden ser mucho más grandes cuando cantidades significativas de materia orgánica presentes, persisten biológicamente. Cuando los desechos contienen sólo alimento bacterial orgánico, fácilmente degradable y no materia tóxica, la DBO será mayor que la DQO, como en los desechos de destilerías o refinerías, con ciertos desechos que contienen sustancias tóxicas, la DQO puede ser el único método para determinar la carga orgánica.

Una de las principales limitaciones de la prueba DQO es la imposibilidad que presenta para diferenciar entre materia orgánica biológicamente inerte y biológicamente oxidable.

Los datos DQO pueden ser frecuentemente interpretados en términos de valores de DBO, después de haber acumulado las experiencias suficientes para establecer factores de correlación.

La prueba DQO es usada extensamente en los análisis de desechos industriales; es particularmente útil en estudios enfocados a determinar y controlar daños en sistemas de alcantarillado.

Los resultados pueden ser obtenidos dentro de un tiempo relativamente corto. En conjunto con la DBO, la DQO es útil, ya que indica las condiciones tóxicas y la presencia de sustancias orgánicas biológicamente resistentes.

Para hacer la determinación de la prueba DQO, se usa un agente oxidante sumamente fuerte como es el dicromato de potasio en medio ácido, que es capaz de oxidar una amplia variedad de sustancias orgánicas casi completamente de dióxido de carbono y agua. La materia oxidable reduce una cantidad equivalente de dicromato de potasio, el remanente es valorado con una solución de sulfato ferroso amoniacal de concentración -

conocida, la cantidad de dicromato de potasio reducido es una medida de la cantidad de materia orgánica oxidada.

Carbón Orgánico Total (COT)

El carbono orgánico total, debido a que otros elementos son excluidos, indica la concentración de contaminantes orgánicos. Cuando se establecen previamente relaciones entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (COT), ésta última proporciona un rápido y conveniente método de estimar los parámetros anteriormente mencionados, que expresan el grado de contaminación orgánica. Es importante hacer notar que, debido a la remoción previa de carbonatos y bicarbonatos, se producen pérdidas de materia orgánica muy volátil, así como también es conveniente tomar en cuenta que partículas grandes no pueden ser analizadas, por usarse aguja hipodérmica como medio de inyección de la muestra. Antes de que se determine el carbono orgánico total, los carbonatos inorgánicos deben descomponerse con ácido y volatizarse en forma de dióxido de carbono. El método consiste en homogeneizar la muestra de agua, después diluirla e inyectar un microalícuota en un tubo caliente, en corriente de oxígeno. El agua es vaporizada y la materia orgánica oxidada a dióxido de carbono (CO_2), el cual se mide por medio de un analizador de infrarojos del tipo no dispersivo.

Sólidos Totales

Son todos los constituyentes sólidos de las aguas residuales y se deben a una gran variedad de materiales inorgánicos y orgánicos, contenidos en dichas aguas. Los diferentes

tipos de sólidos están clasificados, según sus propiedades naturales, en la tabla No. 3.1.

Para su determinación, se usan de las mismas muestras que se utilizaron para las pruebas de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables. El método consiste en tomar una muestra refrigerada y calcinarla, enfriarla y pesarla; se mide un cierto volumen de esa muestra, se evapora a sequedad, se pasa al desecador y se pesa; los resultados se expresan en ppm de sólidos totales.

Sólidos Disueltos y Suspendidos

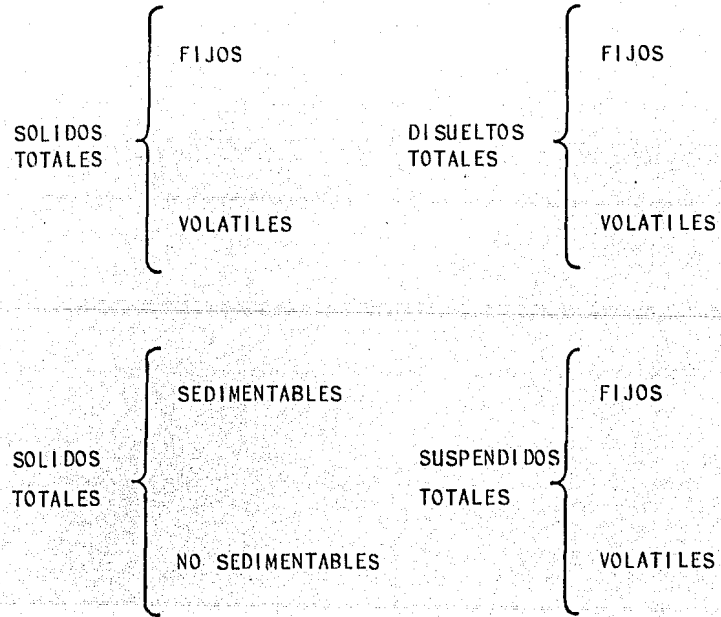
En los líquidos, la cantidad y naturaleza de la materia disuelta e insoluble, varía grandemente con la naturaleza del líquido, así como su temperatura. El término sólido disuelto utilizado en aguas residuales, no es técnicamente correcto, -- puesto que no todos estos sólidos están verdaderamente disueltos, ya que se incluyen algunos en estado coloidal; dicho término incluye a todos los que pasan a través de la capa filtrante de asbesto en un Crisol Gooch.

Los sólidos suspendidos, como su nombre lo indica, están en suspensión y son perceptibles a simple vista en el agua. Pueden separarse del agua residual por medios físicos o mecánicos, como por ejemplo: Disolución, suspensión, volatización y filtración.

En procesos de tratamientos para el control de la contaminación del agua, se considera que todos los sólidos suspendidos son sólidos sedimentarios, no siendo el tiempo un factor limitante. La sedimentación se espera que ocurra a través de la -floculación biológica y química; de aquí que la medida de sólidos suspendidos, se considere tan significativa como la de DBO.

TABLA No. 3.1.

DIFERENTES TIPOS DE SOLIDOS



El total de sólidos disueltos y suspendidos, puede ejercer efectos adversos en la economía de la planta de tratamiento y efectos nocivos fisiológicos, principalmente osmóticos y laxantes e imparte sabores y olores en el agua.

En la determinación se detecta también la presencia de sales inorgánicas disueltas, así como su naturaleza y concentración que interfieren en el tratamiento anaeróbico.

Las mismas muestras que se recolectan para los sólidos sedimentarios, deberán usarse para esta prueba. El método consiste en pasar la muestra a través de un Crisol Gooch; la muestra se lava, se seca y se calcina, se enfría en un desecador y se pesa, los resultados se expresan en partes por millón (ppm).

Para la determinación de sólidos disueltos, se requiere un equipo especial para recolectar las muestras para esta prueba, las muestras deben tomarse de manera que el frasco quede completamente lleno de líquido que no haya estado en contacto con el aire y sin burbujas de aire bajo el tapón. A la muestra se le vierte una solución de sulfato de Manganeso y solución alcalina de nitro-yoduro. Se valora el yodo liberado con tiosulfato de sodio; los resultados se expresan en ppm de sólidos disueltos, que se obtienen restando los suspendidos de los sólidos totales.

Sólidos Sedimentables

Son los sólidos en suspensión que se depositan por la acción de la gravedad, cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un período determinado. Sólo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con una gravedad mayor que el agua.

Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables; su medida es importante para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de aguas naturales, causando grandes trastornos en la vida animal y vegetal, ya que al correr el agua, presenta cierta turbidez.

Las aguas con alto contenido de sólidos, son laxantes e inferiores en cuanto a sabor y ocasionan molestias a personas no acostumbradas a su ingestión.

Generalmente, se usan muestras instantáneas durante el período de gasto máximo. La muestra se introduce en un cono Imhoff y se deja transcurrir un lapso haciéndolo girar para que se desprendan sólidos adheridos a las paredes, se deja sedimentar y se lee el volumen del material depositado con ayuda de las graduaciones del cono.

Sólidos Volátiles y Fijos

La mayor cantidad de estos sólidos son producidos por los procesos industriales y de la descomposición de la materia orgánica, así como de los sólidos arrastrados por la corriente de agua.

En su determinación se debe controlar el factor de la temperatura, para así prevenir la descomposición y volatilización de las sustancias.

Al efectuar estas mediciones en muestras de aguas residuales e industriales, se obtiene una medida de la cantidad de materia orgánica presente, pesando las muestras; posteriormente la pérdida de peso de las muestras obtenidas se interpreta en términos de sólidos volátiles, principalmente formados por compuestos de amonio, bicarbonato y otros, que al vo-

latizarse producen olores desagradables. El contenido restante de sólidos en las muestras, será considerado como una medida de la cantidad de sólidos fijos.

Detergentes

Los detergentes están constituidos por compuestos orgánicos con propiedades tenso-activas en solución acuosa. Por tales propiedades los detergentes se conocen como agentes tenso-activos o surfactantes.

La molécula de un compuesto surfactante está constituida por una cadena polar alifática-hidrofílica y una parte aromática hidrofóbica. A esta dualidad en la naturaleza de la molécula se debe las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes.

Los agentes amfílicos de activación superficial en los que podemos incluir al (ABS) Alquil Bencen Sulfonato y los sulfatos de alquilo, que son detergentes sintéticos debido a su popularidad y creciente uso para propósitos de limpieza, siendo parte integral de las aguas residuales domésticas e industriales, causan graves problemas de contaminación al formar espumas que impiden la penetración de la luz, obstaculizando el fenómeno de fotosíntesis e impidiendo la transferencia del oxígeno atmosférico al agua.

Es de considerarse que estos detergentes causan graves problemas en la eficiencia de las unidades de aereación de las plantas de tratamiento. Sin olvidar su carácter tóxico, tanto para la flora como para la fauna acuática, es indeseable la formación de espuma en los ríos, desde el punto de vista estético. Además, debido a su contenido de fosfatos, los detergentes contribuyen en gran escala, al fenómeno contaminación de -

la eutrificación, que es la sobrepoblación de la flora acuática.

Un efecto contaminante secundario se observa en los suelos y cultivos que son regados por estas aguas contaminadas.

Por último, otro problema que presentan los detergentes, es su eliminación. Debido a la gran estabilidad que tiene su estructura química, es muy difícil su biodegradación aún después de tratamientos biológicos normales como en los lodos activados, en los cuales se ha observado una eficiencia de remoción del ABS de únicamente 5%.

Debido a que el sulfato más comúnmente usado en la fabricación de detergentes, es el sulfonato de Alkil Benceno o ABS y es el más probable de encontrar en las aguas crudas de los abastecimientos, se ha seleccionado como el compuesto patrón para los métodos de análisis.

Uno de los métodos más usados, es el método del Azul de Metileno. Este método depende de la formación de la sal colorida azul cuando reacciona al azul de metileno con los surfactantes. La sal 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 mμ.

Grasas y Aceites

Las principales sustancias clasificadas como "Grasa" en las aguas residuales domésticas son los aceites, grasas, ceras y ácidos grasos. Los esterres simples y otros compuestos de la misma categoría, se encuentra en gran cantidad en las aguas residuales industriales, provenientes de refineras, plantas industriales, lavado de maquinaria, fábricas de láminas, estaciones de gasolina.

Los aceites y grasas producen sabores y olores en el agua y también se les asocia con pequeñas cantidades de sustancias tóxicas para los peces y especialmente destructivos a la flora y fauna acuática, ya que interfieren en la realización natural. También causa diversos problemas en los tratamientos de aguas residuales, sobre todo en la eficiencia de operación de la planta, puesto que es difícil controlar su concentración en afluentes y además dificulta el abastecimiento municipal, causando problemas en tuberías.

En la determinación de grasas no se mide cuantitativamente una sustancia específica, sino grupos de sustancias con propiedades físicas similares, principalmente su solubilidad en el solvente usado.

Se seleccionó el hexano para las determinaciones de grasa por ser un buen solvente para todos los materiales asociados con el término "Grasa" y tiene una fuerza mínima solvente para otros compuestos orgánicos.

Se precipitan ácidos grasos (insolubles al hexano) con ácido clorhídrico; 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.

Número Más Probable Bacteriológico (NMP)

El NMP es un medio para estimar la densidad probable de los organismos coliformes en el agua y por lo tanto para establecer su calidad sanitaria. Expresa la cantidad de organismos coliformes totales presentes en desechos domésticos municipales que descargan desechos conteniendo bacterias, fábricas de conservas de vegetales y fruta, también pueden contribuir

a la contaminación bacteriana en las corrientes. Las bacterias principalmente pueden agruparse en:

- a).- Las que se encuentran en materia orgánica en descomposición (bacterias, saprófitos) y que aumentan la demanda bioquímica de oxígeno.
- b).- Las que son patógenas y que afectan, tanto a humanos como a animales, provocando infecciones intestinales principalmente; proceden del tracto intestinal humano y animal.

Existen varias técnicas selectivas y diferentes medios para facilitar la investigación de organismos coliformes presentes en el agua.

La técnica de tubos múltiples de fermentación mediante 3 pruebas sucesivas.

- 1.- Prueba presuntiva.
- 2.- Prueba confirmativa y
- 3.- Prueba complementaria.

Que permiten obtener el NMP o número más probable de coliformes presentes, es decir, la densidad probable de los mismos, que también puede obtenerse mediante la técnica de filtros de membrana.

Demanda de Cloro

El cloro que consumen las sustancias reductoras orgánicas e inorgánicas, se define como demanda de cloro y es igual a la cantidad que se agrega menos la que permanece como cloro combinado después de un cierto tiempo que generalmente es de 15 minutos.

La cantidad que quede después de satisfacer la demanda de cloro, es la que lleva a cabo la desinfección y normalmente se expresa en ppm.

En el tratamiento de aguas industriales, la cloración es empleada primeramente para el control del limo y algas y puede usarse también para ayudar en la coagulación y eliminación de sabor, olor, color y problemas de eliminación de hierro.

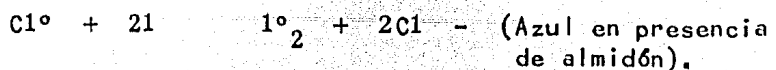
Los cloruros en proporciones razonables no son dañinos a la salud, en concentraciones superiores a 250 mg/l dan sabor salino al agua.

Altas concentraciones de cloruros aceleran la corrosión de los reactores, calentadores, etc., además de que interfieren en procesos industriales, tales como: refinación de azúcar, envasado de alimentos congelados, etc.

Los métodos existentes para la medición de cloro residual están basados en su poder oxidante, de aquí que estos métodos se vean interferidos por otros agentes oxidantes.

Método yoduro-almidón:

El método depende del poder oxidante del cloro residual para convertir ión yoduro a yodo libre; el yodo en presencia del almidón produce un color azul. Si el yodo liberado es titulado con una solución estandar de un agente reductor hasta la desaparición del color, se obtiene la cantidad de cloro residual existente. La reacción representativa para determinar la presencia de cloro residual es:



Método de la ortotolidina:

La Ortotolidina, es un compuesto aromático que se oxida en solución ácida en presencia de cloro, cloraminas y otros agentes oxidantes para producir holoquinona, que da una coloración amarilla a un pH menor de 1,8, la intensidad del color es proporcional a la cantidad de cloro presente.

IV PROCESOS UNITARIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

IV.1.- INTRODUCCION.

El agua como recurso indispensable, es base de la actividad del hombre y de acuerdo al crecimiento demográfico y al desarrollo de la humanidad, cada vez van siendo mayores los volúmenes de agua necesarios para satisfacer la demanda del individuo vital y como consecuencia, habiendo una relación directa entre consumo y contaminación, ésta se ha incrementado en los últimos años.

Como se ha dicho, las fuentes que mayormente aportan a la contaminación son:

- 1.- Las aguas residuales de origen Municipal.
- 2.- Las aguas residuales de origen Industrial.
- 3.- Las aguas residuales de origen Agropecuario.

la disposición satisfactoria de las aguas de desecho, depende del tratamiento previo a su disposición, siendo éste un conjunto de recursos por medio de los cuales se puede obtener un cierto control de estas aguas para evitar así, deterioros en las aguas receptoras y por consiguiente en las corrientes naturales.

Hay una gran variedad de dispositivos aplicables al tratamiento y control de la contaminación en aguas de desecho, a continuación se hace una breve descripción de los tratamientos característicos por su aplicación a las aguas contaminadas antes clasificadas.

Tratamientos característicos:

- 1.- Tratamiento preliminar.
- 2.- Tratamiento primario.

- 3.- Tratamiento secundario.
- 4.- Tratamiento terciario.
- 5.- Tratamiento especial.
- 6.- Manejo de lodos.
- 7.- Desinfección.

IV.2.- ANALISIS DE PROCESOS UNITARIOS CARACTERISTICOS.

1.- Tratamiento preliminar:

Es el tratamiento que se le dá al agua de desecho y que consiste en separar todos aquellos constituyentes que pueden ocasionar problemas en el equipo de bombeo o que pueden interferir en los tratamientos subsecuentes. Los dispositivos empleados en el tratamiento preliminar sirven para eliminar acidez o alcalinidad al agua, sólidos mayores en suspensión e inorgánicos, sólidos inorgánicos pesados y en algunos casos, eliminación de gases y olores. Los dispositivos que se emplean son:

- a).- Rejas y cribas de barras.
- b).- Desmenuzadores (molinos, cortadores o trituradores).
- c).- Desarenadores.
- d).- Tanques de preairación.

Además de los anteriores, a veces se hace necesario la cloración en esta etapa del tratamiento.

2.- Tratamiento primario:

Este tratamiento consiste básicamente en la separación de los sólidos orgánicos sedimentarios de las aguas de desecho, mediante el fenómeno físico de sedimentación.

El equipo de tratamiento primario es un sedimentador o un tanque de asentamiento en donde se permite reposar la corriente del agua de desecho, lográndose la separación líquido-sólido.

En el tratamiento primario se efectúa una reducción de los sólidos suspendidos de aproximadamente 65 a 70 % sedimentándose como lodos, se efectúa una reducción en la DBO de aproximadamente 25 a 30 % de la demanda de agua de desecho. Dada la diversificación de diseño y operación, los tanques sedimentadores pueden dividirse en cuatro grupos generales.

- a).- Tanques sépticos.
- b).- Tanques de doble acción (Imhoff y algunas otras unidades patentadas).
- c).- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- d).- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

Cuando se usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares como son:

- 1.- Unidades Alimentadoras de Reactivos.
- 2.- Mezcladores.
- 3.- Flocladores.

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del afluente a las aguas receptoras, sin que se interfieran con el uso adecuado subsecuente de tales aguas.

3.- Tratamiento secundario:

Se basa en una oxidación biológica para lo que se recurre normalmente a bacterias aeróbicas, las cuales para subsistir - requieren oxígeno.

El tratamiento secundario requiere para su operación, que lo anteceda el tratamiento primario.

El tratamiento secundario, depende principalmente de los organismos aerobios para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos u orgánicos estables.

Los dispositivos usados para esta etapa son: los filtros rociadores, que están formados por una gran superficie de contacto conteniendo generalmente piedras del río. Otras veces - se usa material plástico que resulta más caro, pero a la vez - es más eficiente, sobre las que se desarrollan bacterias aeróbicas.

El agua de desecho se distribuye mediante brazos giratorios y pasa a través del área de tratamiento, recogándose en un falso fondo. En condiciones normales eliminan de un 60 a un 80 % de la DBO de aguas negras.

El tratamiento de Lodos Activados, es otro caso de oxidación biológica en el cual para su operación se requiere oxígeno. En este proceso es necesario el empleo de nutrientes, como son el fósforo y el nitrógeno, para la subsistencia de las bacterias.

Hay procesos para lodos activados y en casi todos se requiere recirculación de lodo, que puede llegar hasta el 100 %. El proceso de lodos activados consta de varias etapas:

- Mezclado de los lodos activados con las aguas negras que se van a tratar.
- Airación y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.
- Separación de los lodos activados de licor mezclado.
- Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados para mezclarlos con las aguas negras.
- Disposición del exceso de lodos activados.

En ambos casos (filtros, rociadores y lodos activados), el éxito de la operación estriba en mantener las condiciones aeróbicas ambientales que son favorables para el ciclo vital de los organismos y en controlar la cantidad de materia orgánica que descompongan. La eficiencia de los microorganismos disminuye tanto por una sobrealimentación como por una alimentación deficiente.

El agua obtenida por el tratamiento de oxidación biológica es bastante aceptable para ser desalojada sin peligro de contaminación, efectuando una sedimentación secundaria adecuada y posterior desinfección de acuerdo a la calidad del afluente que se desee.

4.- Tratamiento terciario:

El tratamiento terciario se encarga de eliminar de una agua de desecho, los contaminantes que aún no se han podido retirar; es decir, después de someter el agua contaminada a un proceso de oxidación biológica, es indispensable hacer una

nueva separación de líquidos-sólidos. Para esta separación se puede utilizar el clarificador del tratamiento primario, puesto que en el tratamiento terciario se requiere de la acción de productos químicos que van a generar una reacción, por lo tanto es indispensable contar con una máquina que asegure que la reacción sea completa.

Los contaminantes que no se han podido retirar, ya sea -- por sedimentación, o por oxidación biológica, tales como: nitrógeno, fósforo, detergentes no biodegradables y materia orgánica disuelta, se les aplica un tratamiento terciario, usando sulfato de aluminio o hidróxido de calcio, para formar precipitados insolubles. En este tratamiento se eliminan también el color y olor mediante la utilización de torres de contacto y - de absorción, obteniéndose en un sistema apropiado, agua potable de la más alta calidad de acuerdo a las necesidades.

5.- Tratamiento especial:

Un tratamiento especial, es aquel que no se puede clasificar dentro de un tratamiento primario, secundario o terciario, sino que se lleva a cabo mediante mecanismos diferentes que -- pueden ser tan sofisticados como se requiera. Se utilizan según el grado de pureza que se desee obtener del agua, siendo - los más comunes el Intercambio iónico y la Osmosis Inversa.

6.- Manejo de Lodos:

El término lodo se utiliza para designar a los sólidos -- que se sedimentan cuando las aguas residuales pasan a través - de tanques de sedimentación o sea de los tratamientos primario, secundario o terciario. Debido a que las diferentes etapas, los

métodos de tratamiento producen lodos que tienen características propias, por su estado o tratamiento recibido pueden denominarse crudos o frescos, digeridos, elutriados, húmedos o secos. Otras expresiones descriptivas son lodos de tanque Imhoff o de tanque séptico. Los lodos primarios son de olor desagradable y sujetos a una putrefacción rápida. Los lodos secundarios y los activados, son menos objetables pero se descomponen rápidamente.

La importancia de la disposición de los lodos es grande - por el hecho de que las instalaciones necesarias para ello, representan del 25 al 40 % del costo total de una planta de tratamiento de aguas negras y la operación y mantenimiento de -- equipo son un problema continuo.

Al efectuar el tratamiento de los lodos es necesario tener un alto contenido de sólidos, porque se tiene la ventaja - de bombear menor cantidad de agua.

Hay varios métodos para efectuar la disposición de los lodos como son: filtración al vacío sin digestión, lagunas de oxidación, secado en un horno seguido de incineración, descarga en el océano, usado como fertilizante y para riego en lugares áridos; pero el método más común para disponer de lodos, - es la digestión en un tanque con el calentamiento y desecación subsecuente mediante aire sobre arena o filtración al vacío.

7.- Desinfección:

Cuando un agua se quiere hacer potable, dependiendo de las características que tenga, después de efectuar el tratamiento adecuado, se procederá con el método seleccionado para poder - eliminar organismos patógenos. En el medio hay dos tipos de - desinfección:

a).- Por medios físicos.

b).- Por medios químicos.

Para que el método de desinfección resulte adecuado, debe reunir ciertas características:

- 1.- Destruir totalmente el volumen de patógenos que contenga - el agua y hacerlo dentro de un tiempo razonable y bajo con condiciones fluctuantes de concentración, temperatura, composición, etc.
- 2.- En las concentraciones necesarias para la completa desinfección, no debe resultar tóxico para el hombre o para los animales; tampoco debe tener un sabor desagradable, pues - esto ocasionaría aversión al consumidor.
- 3.- El costo debe estar en un rango razonable y ser fácil de - manejar en cualquier condición; fácil almacenamiento, sin descomposición, factible de transportar y de sencilla -- aplicación.
- 4.- Debe presentar las mayores facilidades para su detección - en el agua.
- 5.- El desinfectante debe persistir en el agua manteniendo un sobrante con objeto de prevenir una posible recontaminación.

Dentro de los desinfectantes más comunes que se pueden se ñalar, tenemos:

Halógenos: Cloro, Bromo y Iodo.

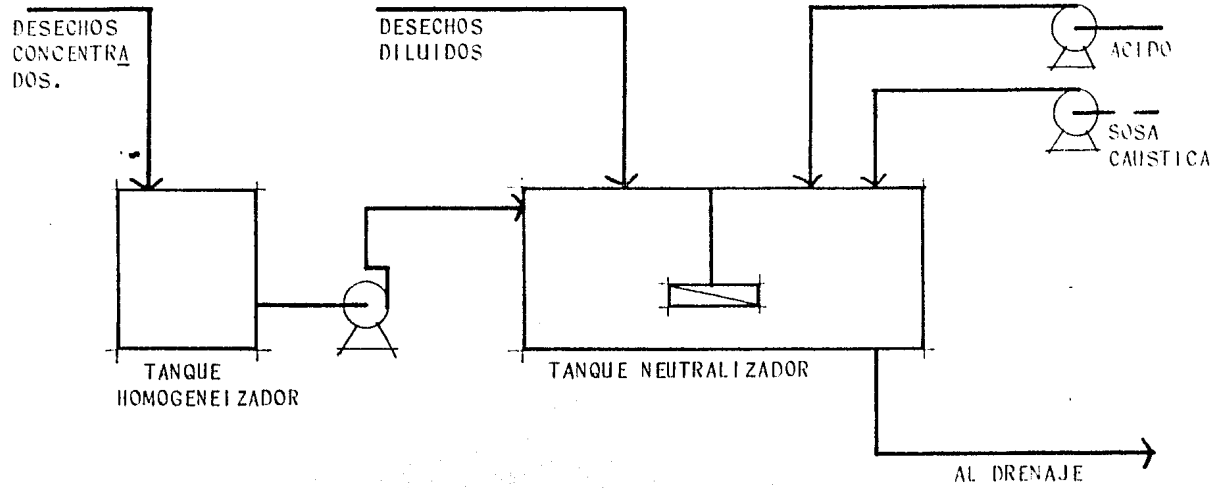
Ozono

Permanganato de potasio ($KMnO_4$) y

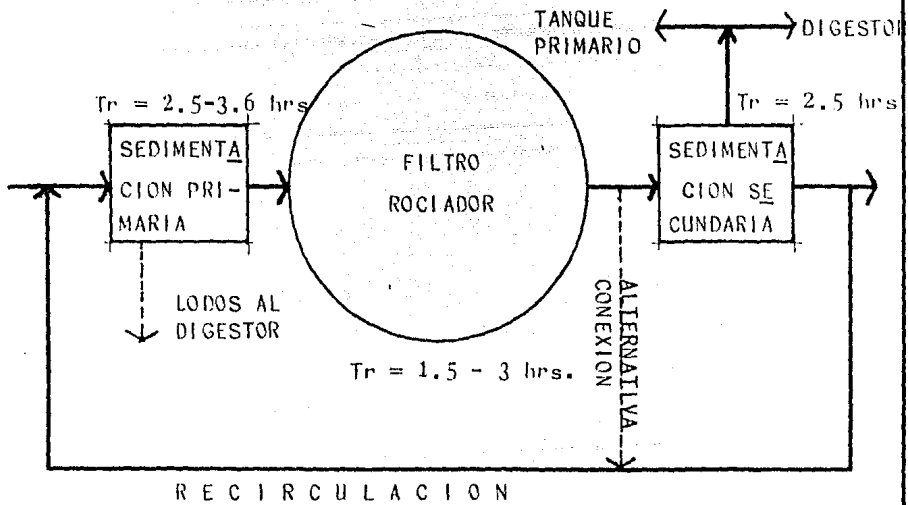
Peróxido de Hidrógeno ($H_2 O_2$)

IV.3.- DIAGRAMAS TÍPICOS DE CONTROL DE TRATAMIENTOS DE AGUAS.

NEUTRALIZACION DE ACIDOS Y ALCALIS



BIO-FILTRO (INCLUYE RECIRCULACION Y UNA ALTA VELOCIDAD DE APLICACION)



Tr = Tiempo de Residencia.

Se pueden obtener eficiencias de 85 - 95% en la remoción de DBO y 95% en la remoción de sólidos suspendidos.

DIAGRAMA TÍPICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS

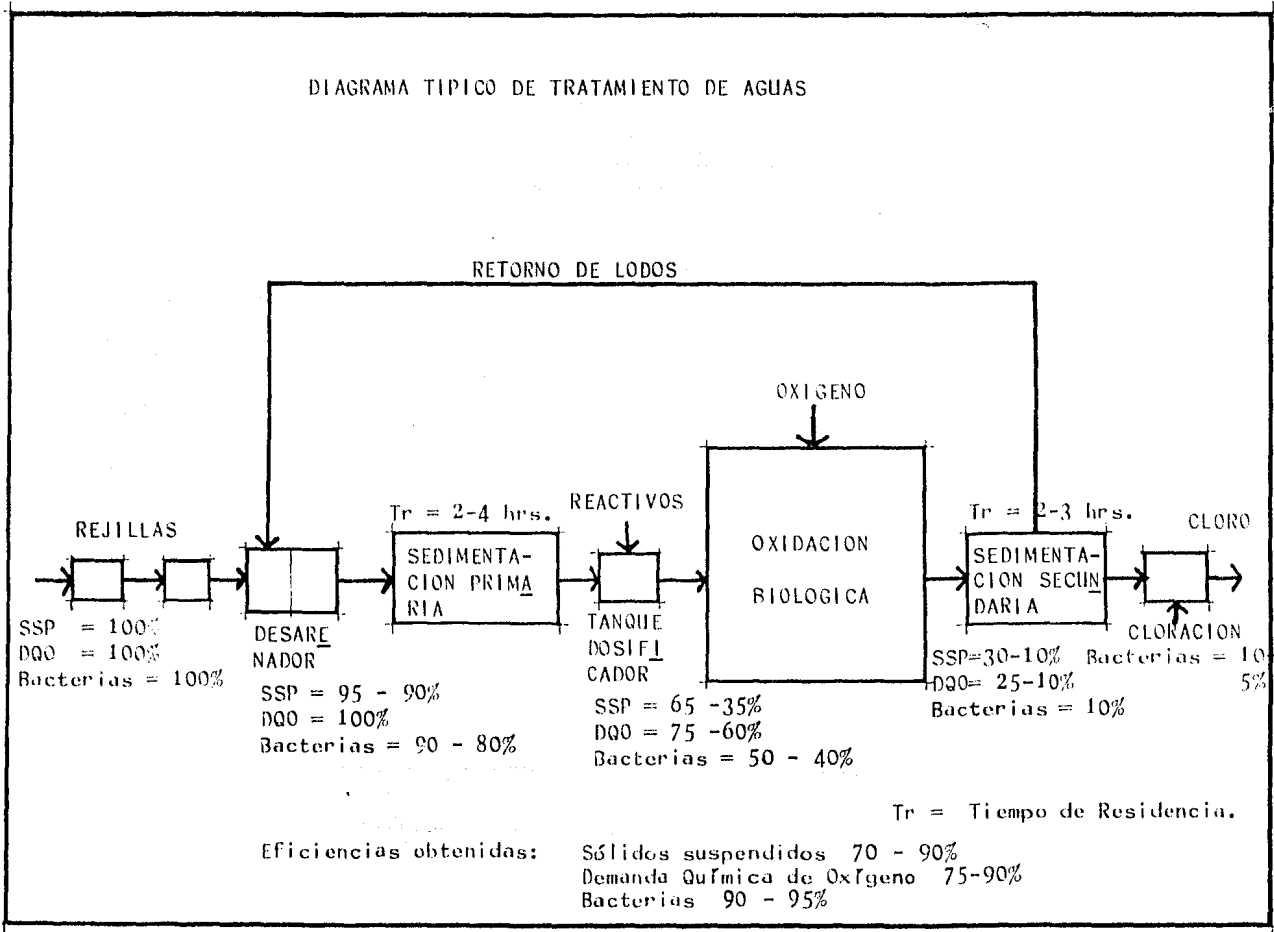
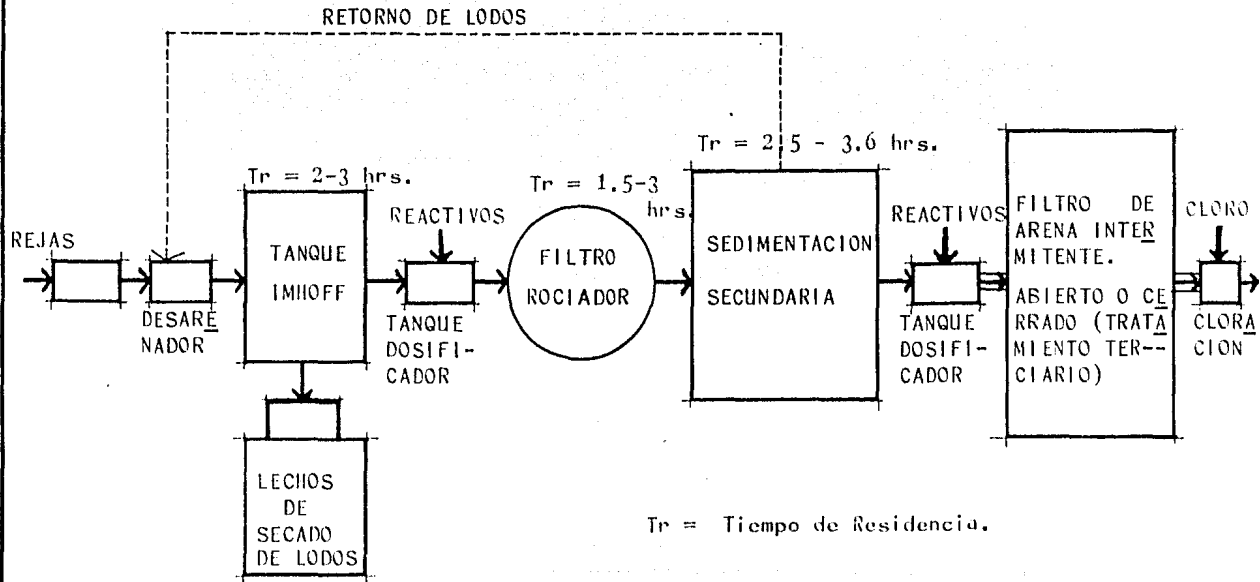
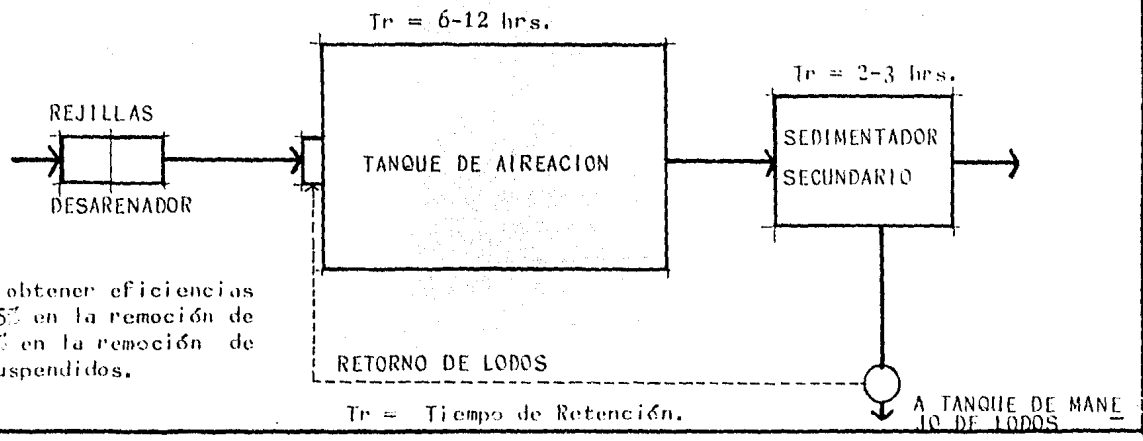
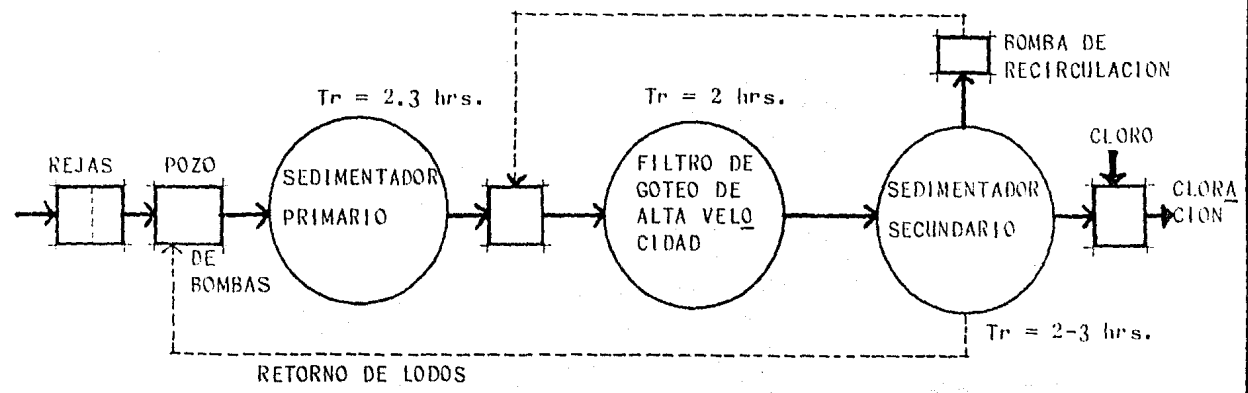


DIAGRAMA TÍPICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS



Se pueden obtener eficiencias de 85 - 95% en la remoción de DBO y 95% en la remoción de sólidos suspendidos.

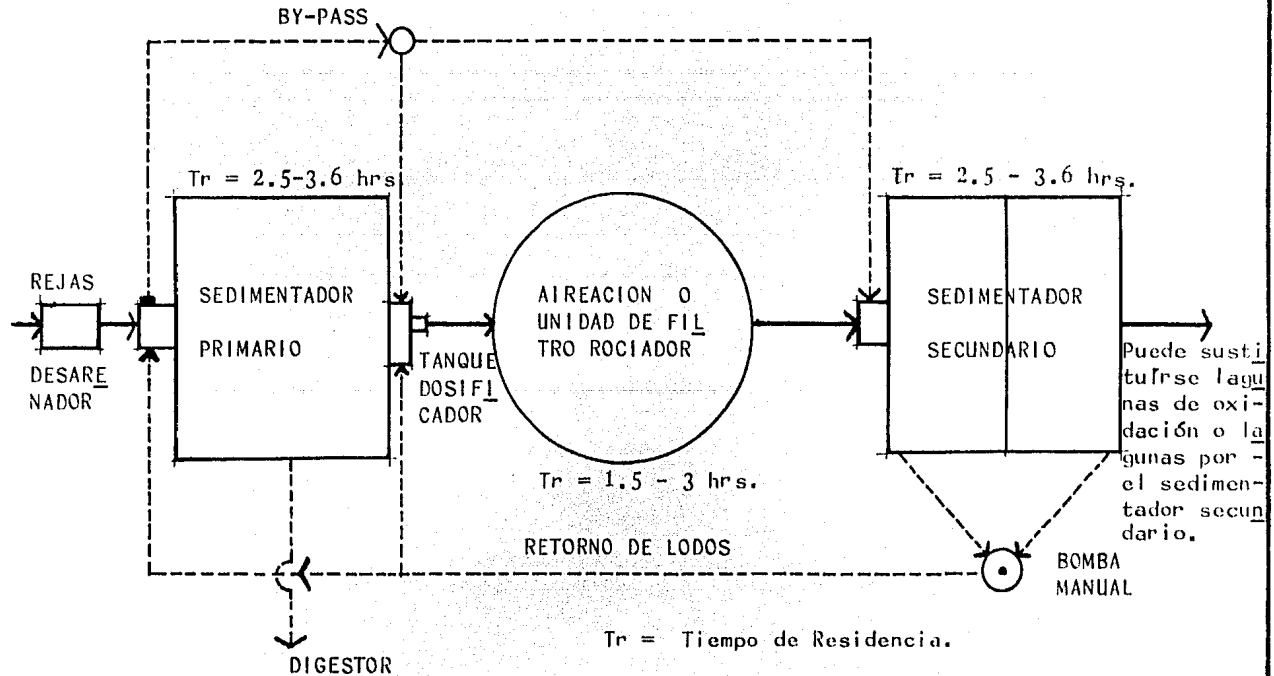
DIAGRAMAS DE TIPOS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS



Se pueden obtener eficiencias de 85 - 95% en la remoción de DBO y 95% en la remoción de sólidos suspendidos.

$Tr =$ Tiempo de Retención.

DIAGRAMA TIPICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS



Puede sustituirse lagunas de oxidación o lagunas por el sedimentador secundario.

Se pueden obtener eficiencias de 85 - 95% en la remoción de DQO y 95% en la remoción de sólidos suspendidos.

IV.4.- IDENTIFICACION DE REACTIVOS UTILIZADOS EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Reactivos

Cuando el agua tratada no cumple todavía con los requisitos, porque en ella se han mantenido algunos contaminantes que no han sido retirados por tratamientos anteriores, es necesario el empleo de reactivos para el logro de los objetivos deseados. El tratamiento químico se emplea en el tratamiento de desechos industriales que no fácilmente son atacables biológicamente. Existe una gran variedad de reactivos que se usan para estos fines, y los clasificamos de la siguiente forma.

Operaciones que se usan para evitar y controlar la contaminación de las aguas por medio de reactivos:

1.- NEUTRALIZACION

En muchas ocasiones es necesario que al tratamiento que se le va a someter al agua le anteceda una neutralización para regular el pH y adaptarlo a las necesidades del sistema, para esto se usan ácidos y bases, y algunas sales que aseguran el mantenimiento en un rango de pH. Entre los neutralizadores más comunes tenemos:

- Acido Clorhídrico.
- Carbonato de Sodio.
- Acido Sulfúrico, etc.

2.- COAGULACION

Existen dos formas de actuación de los coagulantes, estos suministran cargas eléctricas de signo contrario a la materia en suspensión, neutralizando estas cargas que permiten

que las partículas se unan y por su peso se depositen en el fondo.

La otra forma se produce debido a que el coagulante en solución reacciona formándose una masa gelatinosa que al precipitar, arrastra a las partículas en suspensión.

Entre los coagulantes más comunes, tenemos:

- Sulfato de Aluminio.
- Sulfato Ferroso y Férrico.
- Cloruro Férrico.
- Sulfato Ferroso Clorinado.
- Cal y Aluminato de Sodio.
- Coagulantes Sintéticos y Orgánicos, como:
 Poliectrolitos, Poliacrilamidas, Carboximetil Celulosa, Poliacrilonitrilo, Hidrolizado, etc.

La acción coagulante también puede disminuir por los Fluoruros, este efecto es debido a la absorción.

3.- SECUENTRANTES

Se definen como agentes secuestrantes, las sustancias orgánicas que se combinan con los iones metálicos para formar compuestos estables (complejos), la formación de estos se basa en el principio de que "una molécula puede desplazar a otra si forma una unión más estable que la anterior".

En el caso de que un compuesto orgánico se una a dos lugares simultáneamente, formará un complejo en forma de anillo que será firme y estable pero de todas formas seguirá permaneciendo en solución aunque ya no presente las reacciones típicas del reactivo secuestrado.

Entre los agentes secuestrantes más comunes, tenemos:

- Acido Etilendiaminotetrascético, y sus sales de Sodio.
- Acido Cítrico.
- Acido Glucónico.
- Acido Tartárico.
- Acido Nitrilotriacético.
- N, N-Dihydroxyethylglyeina, etc.

El calcio y el magnesio son secuestrados en medio alcalino, el fierro en medio ácido, etc., los secuestrantes evitan precipitaciones de iones indeseables, forman complejos con iones que interfieren en el proceso de galvanoplastia, también entran en la composición de jabones y de detergentes para ablandar el agua que interviene en el lavado; en textil se usan para evitar la formación de jabones de calcio y magnesio, los cuales son insolubles y pegajosos a las telas, en algunas referencias se describen usos de secuestrantes para eliminar iones férricos, ferroso, calcio y magnesio del agua; para fabricación de cerveza, se inhibe el crecimiento de levadura agregando exceso de secuestrante; y otros muchos usos que se podrían mencionar, que no están al alcance del presente estudio.

4.- RESINAS DE INTERCAMBIO IONICO

El mecanismo que sigue este proceso ya fué mencionado en la sección correspondiente a operaciones unitarias en el tratamiento de aguas, únicamente nos resta indicar las resinas más comunes que se usan para estos fines, que son:

Policitireno Polimerizado: Es un intercambiador catióni-

co fuertemente ácido, con grupo funcional SO_2OH

Poliestireno Polimerizado: Un intercambiador aniónico -- fuertemente básico, con grupo funcional de tipo amonio cuaternario.

Resina Fenólica: Intercambiadores catiónicos - fuertemente ácidos, con grupo funcional OH , $\text{CH}_2\text{SO}_2\text{OHSO}_2\text{OH}$.

Resina Fenólica: Con grupos funcionales $-\text{OH}$ - NH_2 - NHR - NR_1 R_2 débilmente básicos.

Poliestireno Polimerizado: Es un intercambiador aniónico débilmente básico con grupos funcionales - NH_2 - NHR - NR_1 R_2

Acido Metacrílico Polimerizado: Intercambiador catiónico débilmente ácido, con grupo funcional - COOH .

Entre otras resinas, tenemos los copolimeros de estireno divinilbenceno.

5.- OXIDANTES:

Corresponden a desinfectantes, ya descritos en la sección "operaciones unitarias".

6.- DESINCRUSTANTES

El problema que presentan las tuberías, calderas y equipo en general, es la incrustación, por lo tanto es de suma importancia el evitar la incrustación provocada por sales disueltas, minerales y otros productos químicos que se encuentran comúnmente en el agua. Los iones más comunes que causan incrustación son:

- Calcio
- Magnesio
- Hierro
- Manganeso, etc.

Existe una gran variedad de reactivos que se usan para estabilizar los iones anteriores, entre ellos tenemos mezclas de Polifosfatos, usados en sistemas de agua caliente, evaporadores de múltiple efecto y otros equipos; otros removedores de incrustaciones pueden ser ácidos orgánicos - usados especialmente en el lavado de calderas. Para la liberación de incrustaciones viejas en las calderas, normalmente se usa mezcla de alcalis y taninos.

7.- ANTIESPUMANTES

La generación de espuma en las plantas es un problema continuo, que va relacionado con el proceso fotosintético y proliferación de moscas y otros perjuicios directos al equipo, es por esto necesario reducir al máximo la producción de espuma, y para ello se cuenta con algunos aditivos que aumentan la tensión superficial, evitando así la formación de burbujas tales como: el éter nonifenílico - polioxietilenado, con un mol de óxido de etileno, éter alcohólico polioxietilenado, etc.

8.- AGENTES DISPERSANTES

En el control de incrustaciones, obstrucciones muchas veces conviene el uso de agentes dispersantes, que son productos químicos que evitan la acumulación de lodos en zonas de baja velocidad del agua, y en torres de enfriamiento, no permiten la formación de grumos o flóculos, que puedan asentarse ocasionando los daños consecuentes, incluso mantienen libres las superficies en los equipos de intercambio calorífico.

Entre algunos agentes dispersantes tenemos, mezclas de productos orgánicos polielectrolitos, sales cuaternarias de amonio.

9.- ALGICIDAS

Son productos químicos que atacan a las algas que se producen en tuberías, sistemas de enfriamiento, etc., evitan también el crecimiento de otras contaminaciones microbiológicas. Los más comunes están hechos a base de compuestos clorados de fenol; Bis-tiocianato de metileno, tiadiazinas saturadas, etc., incluso plata coloidal activada y aminas cuaternarias.

10.- INHIBIDORES DE LA CORROSION

Los inhibidores de la corrosión, son sustancias que forman películas protectoras, y por consiguiente inhiben la transferencia de electrones. La corrosión se puede controlar mediante productos químicos, solamente sobre la base de una experimentación cuidadosa.

Los polifosfatos y silicatos reducen la corrosión en algu

nas circunstancias y la elevan en otras, por ejemplo: la reacción del hierro detectable por los polifosfatos sólo enmascara la corrosión, y en sistemas de recirculación de agua caliente, los polifosfatos se hidrolizan a ortofosfatos no protectores. El carbonato de calcio es un buen inhibidor de la corrosión cuando se deposita en grandes cantidades y en ausencia de cloruros o sulfatos.

Los inhibidores tóxicos deberán introducirse únicamente - en sistemas cerrados de enfriamiento. Algunos inhibidores no oxidantes, por ejemplo: el metafosfato, silicato, bicarbonato y carbonato de calcio, permiten que el oxígeno disuelto produzca una película pasiva.

11.- SURFACTANTES

A los detergentes sintéticos se les incorporan otros compuestos denominados vigorizantes o reforzantes que se añaden para aumentar su eficacia, entre ellos el ABS, que es el agente tensoactivo o surfactivo que atrae la grasa y - la suciedad de las superficies hacia el seno del agua.

Algunos agentes tensoactivos son fácilmente metabolizados por las bacterias, mientras que otros son resistentes, entre ellos el ABS.

Los productos surfactantes son usados en cristalización y procesos del azúcar, en las masas de crudo, refinado y -- cristalizadoras. Actúa reduciendo la viscosidad y la tensión superficial de las mieles y la masa. La circulación en las masas es incrementada, resultando en una mayor fluidez, disminuye el tiempo de ebullición e imparte una mayor calidad a los cristales.

Tienen propiedades tensoactivas debido a la estructura hidrofóbica-hidrofílica de su molécula. Debido a su carácter no iónico son compatibles con compuestos aniónicos, catiónicos, no iónicos y coloides. No forman sales con los iones metálicos, por lo que son efectivos en aguas duras o blandas. Son estables en medios ácidos, alcalinos o salinos. De los principales surfactantes, podemos mencionar los óxidos de etileno y alcohol laurílico y oleílico.

12.- EMULSIFICADORES DE AGUA

Los emulsificadores de agua previenen la corrosión de los tanques de combustible, líneas de alimentación y accesorios de los quemadores. Las boquillas de los quemadores son protegidas y se obtiene una tamización muy superior, por lo que se obtendrá una eficiencia mayor en la caldera.

Los emulsificadores pueden ser: aniónicos, catiónicos y no iónicos. Pueden usarse solos o en conjunto con aplicación de calor, pH ajustado al tratamiento, incluso favorece una rápida separación de sólidos, agua-aceite y aceite agua y representa una economía en la operación. Entre los emulsificadores más utilizados se tienen:

- a).- Eter estearílico polioxietilenado con dos moles de óxido de etileno. Util en rangos de pH poco usuales.
- b).- Eter etílico polioxietilenado con dos moles de óxido de etileno. Especial para cosméticos de aplicación tópica. Util en rangos de pH poco usuales.
- c).- Eter etílico polioxietilenado con seis moles de óxido de etileno. Emulsionante del tipo aceite en agua.

d).- Eter esteárico polioxietilenado con ocho moles de --
óxido de etileno. Emulsionante del tipo agua en acei
te y aceite en agua.

V INDUSTRIA VINICOLA

V.1.- USOS DEL AGUA.

El agua es elemento necesario en la industria vinícola, a pesar que no se utiliza en todas las operaciones, es factor fundamental en algunas de ellas. En la fabricación de aguardiente se utiliza indirectamente en la fermentación para lavar los tanques; en el almacenamiento del vino con el mismo objeto y dependiendo del clima, como medio de enfriamiento. En la destilación se utiliza directamente como vapor para separar del aguardiente los componentes no deseables en forma continua y por último, en la dilución de aguardiente para que alcance el grado alcohólico adecuado. En las figuras no. 5.1 y 5.2, se describen en forma de bloques el uso de agua fresca, y las descargas de aguas residuales en el proceso de fabricación de aguardiente. En la fig. 5.3. se presenta la identificación de las características contaminantes.

V.2.- USOS DEL AGUA POR PROCESO.

La determinación de los usos del agua en los diferentes procesos, y el volumen de las misma, fué obtenida en literatura existente en diversas plantas vinícolas.

Al analizar la información, se encontró que el uso de agua por unidad de producción en sus operaciones, no varía grandemente de planta a planta. Esto resulta lógico, ya que los procesos de manufactura, sin llegar a ser completamente iguales, tienen bastante similitud.

Sin embargo, el agua empleada diariamente, es diferente en cuanto a volumen, de planta a planta. Esto es razonable si se toman en cuenta los siguientes factores:

FIGURA No. 5.1.
 PROCESO DE ELABORACION DEL VINO (AGUARDIENTE)
 USOS DE AGUA FRESCA Y
 DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL

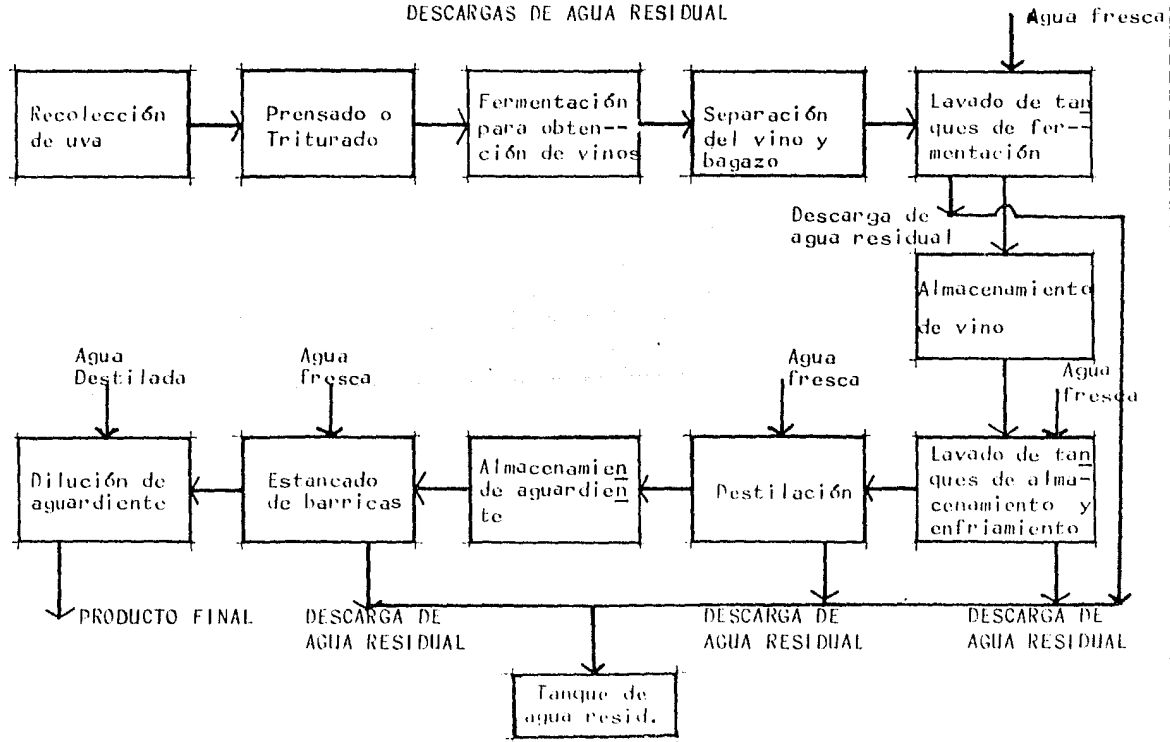
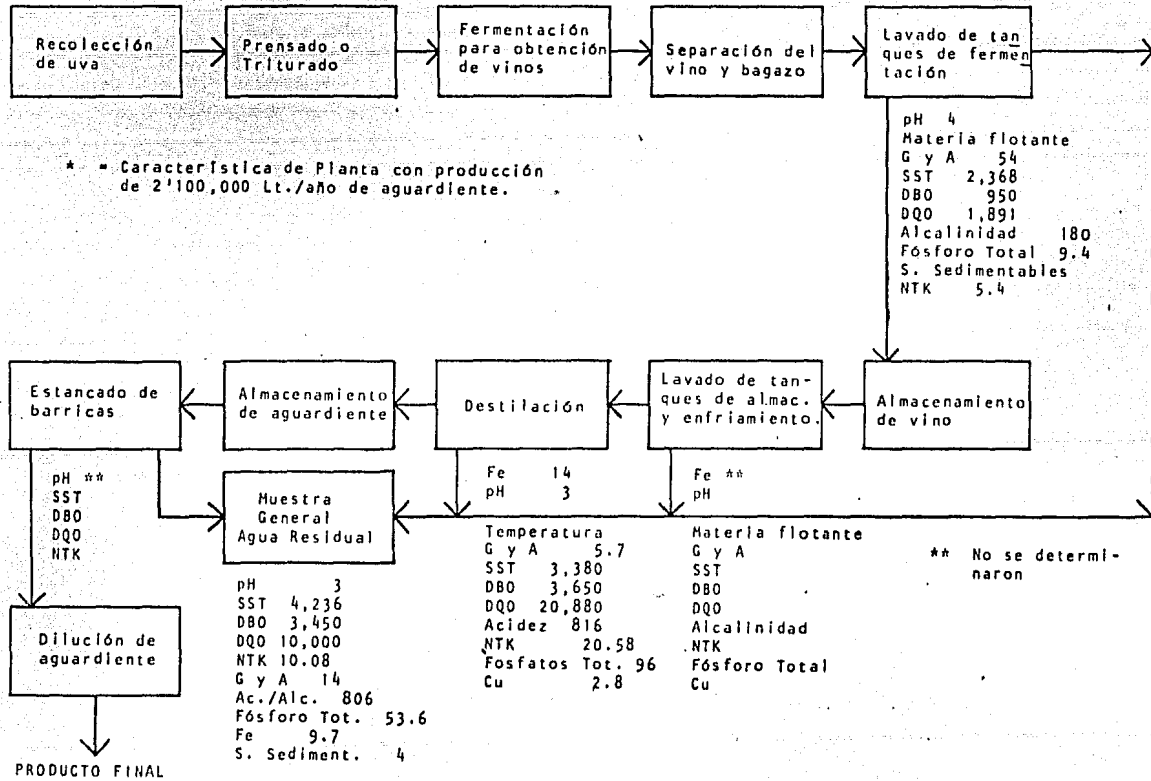


FIGURA No. 5.2

PROCESO DE ELABORACION DEL VINO (AGUARDIENTE)
IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS CONTAMINANTES*



- a).- Producción diferente en cada planta.
- b).- Tipo de clima, que hace utilizar diferentes volúmenes de agua para enfriamiento.
- c).- Necesidad de limpieza en la planta.
- d).- Maquilado a fábricas pequeñas.
- e).- Diferentes ornamentaciones (Jardines, Plantas, etc.)

La determinación del índice de agua utilizado, se obtuvo de acuerdo al agua demandada anualmente por la industria contra el volumen anual de producción. La unidad de producción - manejada es el litro.

A continuación se ejemplifica el consumo de agua de una - planta vinícola con capacidad de aproximadamente 2'100,000 litros anuales de aguardiente. El proceso de esta planta incluye todas las operaciones productivas, excepto el almacenamiento de barricas y la dilución del aguardiente.

La demanda del agua en la planta no es constante a través del año, existen tres períodos definidos en época de vendimia donde se tiene mayor consumo de agua debido a que trabajan todas las operaciones productivas; este período tiene una duración de 80 a 90 días.

La época fuera de vendimia que se considera como operación normal, debiéndose principalmente a la demanda del producto y al número de torres de destilación con que se cuente. Cuando se tiene mucha demanda, la planta trabaja de 220 a 240 días.

Por último, se tiene la época en la cual la planta está - parada, lo que es aprovechado para darle mantenimiento general. El uso de la planta se limita a los lavados y consumo para servicios sanitarios y riego. Las razones por las cuales las plantas paran su producción, son por tipo legal, que hayan saturado

su producción o que las mismas sufran algún desperfecto.

Tomando en consideración lo anterior, se elaboraron las siguientes tablas por proceso de uso de agua:

TABLA No. 5.1.

- 1.- Uso de agua por proceso y por día en época de vendimia. (Mayor consumo de agua, 90 días).
- 2.- Usos de agua en servicios.
- 3.- Demanda de agua por día: 54.5 m^3

TABLA No. 5.2.

- 1.- Uso de agua por proceso y por día en época fuera de vendimia. (Consumo normal de agua: 240 días).
- 2.- Usos de agua en servicios.
- 3.- Demanda de agua por día: 44 m^3

TABLA No. 5.3.

- 1.- Uso de agua en servicios de mantenimiento cuando la planta está parada. (Mínimo consumo de agua: 35 días).
- 2.- Demanda de agua por día: 5 m^3

Con base en estas tablas, se reporta el uso anual por proceso y el uso de agua en servicios en la tabla no. 5.4.

TABLA No. 5.1.
 PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY

1.- USO DE AGUA POR PROCESO Y POR DIA EN EPOCA DE VENDIMIA.
 MAYOR CONSUMO DE AGUA: 90 DIAS

O P E R A C I O N :	VOLUMEN DIARIA DE AGUA DEMANDA (m ³)
-- Fermentación para obtención de vinos. Lavado de tanques.	6.35
-- Almacenamiento de mosto. Lavado de tanques.	0.20
-- Destilación	24.00
-- Almacenamiento de aguardiente. Estancado de barricas.	2.45
-- Enfriamiento.	3.00
	Sub-total: 36.00
2.- USO EN AGUA DE SERVICIOS.	
-- Sanitarios.	8.00
-- Lavado de piso y planta.	4.00
-- Riego y evaporación.	6.50
	Total; 54.50

TABLA No. 5.2.
PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY

1.- USO DE AGUA POR PROCESO Y POR DIA EN EPOCA FUERA DE VENDI
MIA.

CONSUMO NORMAL DE AGUA: 240 DIAS.

O P E R A C I O N :	VOLUMEN DIARIO DE AGUA DEMANDA (m3)
-- Almacenamiento de mosto.	0.20
Lavado de tanques de almacenamiento.	
-- Destilación.	24.00
-- Almacenamiento de aguardiente.	2.80
Estancado de barricas.	
-- Enfriamiento.	3.00
	Sub-total: 30.00
2.- USO DE AGUA EN SERVICIOS.	
-- Sanitarios.	4.50
-- Lavado de piso y planta.	4.00
-- Riego y evaporación.	5.50
	T o t a l : 44.00

TABLA No. 5.3.
 PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY.

1.- USO DE AGUA EN SERVICIOS DE MANTENIMIENTO CUANDO ESTA PA
 RADA.

MINIMO CONSUMO DE AGUA: 35 DIAS.

O P E R A C I O N :	VOLUMEN DIARIO DE AGUA DEMANDA (m ³)
-- Sanitarios.	1.00
-- Lavado de planta y equipo.	3.00
-- Riego.	1.00
T o t a l :	5.00

TABLA No. 5.4.
PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY

1.- USO ANUAL DE AGUA POR PROCESO.

O P E R A C I O N :	VOLUMEN ANUAL DE AGUA DEMANDA POR PROCESO (m ³)
-- Fermentación para obtención de vinos.	572
Lavado de tanques.	
-- Almacenamiento de mosto.	66
Lavado de tanques.	
-- Destilación.	7,920
-- Almacenamiento de aguardiente.	892
Estancado de barricas.	
-- Enfriamiento.	990
	Sub-total: 10,440

2.- USO DE AGUA EN SERVICIOS (FUERA DE PROCESOS).

-- Sanitarios.	1,835
-- Lavado de piso y planta.	1,425
-- Riego y evaporación.	1,940
	T o t a l : 15,640

V.3.- BALANCE GENERAL DEL AGUA RESIDUAL.

Los volúmenes diarios de agua residual en las plantas vinícolas son mayores que se demanda, no obstante la existencia de pérdidas por concepto de riego y evaporación.

Esto se debe a que en la operación de destilación, el mosto contribuye con el agua contenida en él (aproximadamente el 75% del mosto es agua) se desaloja en forma de vinazas junto con los condensados de vapor. También se pueden tomar como -- pérdidas de agua, los volúmenes que se emplean para diluir el aguardiente, ya que quedan en el proceso.

El balance general de agua se refiere a un día de operación (24 horas) y siguiendo la ecuación:

$$\text{Agua residual} = \text{agua demandada} + \text{agua proveniente del mosto} - \text{pérdidas por evaporación y riego} - \text{consumo de agua (dilución de aguardiente)}.$$

La tabla no. 5.5 indica el balance general de agua.

La relación de los requerimientos de agua por litro de -- aguardiente producido, se muestra en la tabla no. 5.6 .

TABLA No. 5.5.
BALANCE GENERAL DE AGUA

PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY

DEMANDA DE AGUA	AGUA PROVENIENTE DEL MOSTO m ³ /DIA	PERDIDAS POR EVAPORACION Y RIEGO	CONSUMO DE AGUA (DILUCION DE AGUARDIENTE)	AGUA RESIDUAL
54.5	72.0	6.5	5.0	115
				= 120

TABLA No. 5.6.
PARA UNA PLANTA DE 2'100,000 LITROS DE BRANDY

1.- USO DE AGUA POR LITRO DE AGUARDIENTE PROCESADO.
DEMANDA ANUAL

CONCEPTO :	LITROS
Demanda Anual de Agua	15'640,000
Producción Anual de Aguardiente	2'100,000
Litros Agua/Litros Aguardiente	7.5

V.4.- REQUERIMIENTOS Y CALIDAD DEL AGUA DEL PROCESO.

Regularmente la industria vinícola se abastece en un 100% de agua de pozo, por estar localizada comunmente fuera de las ciudades.

Para fines de limpieza de equipo y planta, el agua extraída resulta suficientemente apta, ya que como principal característica tiene su "dureza", que está libre de materiales tóxicos. Sin embargo, el agua utilizada en el proceso de fabricación, sí debe llevar un previo tratamiento. En este caso, la destilación se hace mediante arrastre de vapor; el agua debe llevar un intercambio iónico.

De cualquier forma, las impurezas que pudiera tener el agua, quedarían eliminadas en las torres de destilación, puesto que lo que se aprovecha son los alcoholes.

El agua empleada en la dilución de aguardiente, debe llevar un estricto control de calidad, liberándola de cualquier materia en suspensión, materiales tóxicos, metales pesados, etc., ya que esto alteraría el sabor y la calidad del brandy.

V.5.- AGUAS RESIDUALES Y SUS CARACTERISTICAS.

Al requerir la obtención de diversos datos sobre los cuales se tuviera una base para determinar las alternativas de tratamientos (datos reportados en forma de promedios).

Se advierte que, los volúmenes de agua residual son mayores que el agua demandada; esto es motivado por la existencia de una contribución bastante alta de agua, proveniente de la propia uva.

La planta tomada como modelo para el desarrollo del estudio

dio, tiene un flujo de agua residual de 120 m²/día, y como con-
taminantes los mostrados en la siguiente tabla no. 5.7 .

TABLA No. 5.7.

C O N C E P T O	CANTIDAD	UNIDAD
FLUJO	120	m ³ /día
DBO	3,450	mg/l.
DQO	10,000	mg/l.
SST	4,236	mg/l.
G y A	14	mg/l.
AC/ALC	806	mg/l.
NTK	10.08	mg/l.
P	53.6	mg/l.
Fe	9.7	mg/l.
Cu	1	mg/l.
S sed	4	mg/l.
pH	3	

VI ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA VINICOLA

VI.1.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA.

Los sistemas más comunmente empleados para el tratamiento de aguas residuales en esta industria, y que han dado buenos resultados en otros países son:

- 1.- Separación de corrientes.
- 2.- Tratamiento químico.
- 3.- Tratamientos físicos (Sedimentación).
- 4.- Filtros biológicos.
- 5.- Lodos activados.
- 6.- Lagunas.

- 1.- Separación de corrientes.- Se hace con el fin básicamente de evitar que las aguas que no están altamente contaminadas, pasen a engrosar los volúmenes de aguas residuales.

El aumento de los volúmenes hace que se incremente el costo del tratamiento y se reduzca la eficiencia del mismo, debido a la baja concentración de contaminantes.

- 2.- Tratamiento químico.- El tratamiento químico consiste ordinariamente para el caso de las industrias vinícolas en la neutralización de sus corrientes. La operación se lleva a cabo en tanques de neutralización que se emplean en el tratamiento de agua como medio de ayuda, para acondicionar el agua en un pH tendiendo a la neutralización. Cuando la calidad del agua tratada requiere un tratamiento biológico, la neutralización es indispensable.

3.- **Tratamientos físicos (Sedimentación).**- Consiste en la separación de los sólidos sedimentables de las aguas residuales, mediante el fenómeno de gravedad. El equipo de tratamiento, es un tanque sedimentador en donde se permite reposar la corriente de agua residual durante un tiempo conveniente para llevar a cabo la separación sólido-líquido. En este tratamiento se efectúa una reducción considerable de sólidos.

4.- **Filtros biológicos.**- Basados en una oxidación biológica para lo que se recurre normalmente a bacterias aerobias, las que para subsistir requieren oxígeno. El tratamiento está formado por una gran superficie de contacto, conteniendo como medio filtrante, piedras de río u otro tipo de material plástico sobre los cuales se desarrollan las bacterias aerobias. El agua de desecho se distribuye mediante brazos giratorios que pasan a través del área de tratamiento, recogién dose en un falso fondo. En condiciones normales eliminan de un 60 a 80 % de DBO.

5.- **Lodos activados.**- Es la oxidación biológica en la cual - para su operación se requiere de oxígeno. En este proceso es necesario el empleo de nutrientes (fósforo y nitrógeno), para la subsistencia de las bacterias.

El agua obtenida por este tratamiento después de una sedimentación y desinfección, es bastante aceptable para ser desalojada sin peligro de contaminación.

6.- **Lagunas.**- Las lagunas se pueden clasificar en aerobias, anaerobias o facultativas. Las lagunas de oxidación (aerobias) tienen la característica de que son poco profun-

das, cubren una área de terreno bastante grande. La carga de DBO debe ser ligera para evitar condiciones anaerobias y por consecuencia generación de malos olores; el costo del equipo para tales lagunas es mínimo, lo único que resulta caro en sí, es el terreno.

Las lagunas anaerobias son más profundas que las lagunas aerobias y los desechos se estabilizan por una combinación de precipitación y conversión anaerobia de materia orgánica o bióxido de carbono (CO_2) metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S), otros productos gaseosos, ácidos orgánicos y células bacteriales. El tiempo de retención es de 10 días normalmente.

Lagunas de sedimentación.- Estas pueden usarse para sedimentación de sólidos y su remoción, para separación de aceites y estabilización mediante la oxidación biológica. En la remoción de sólidos, las lagunas deberán estar diseñadas con un tiempo de retención de 24 horas y tener suficiente capacidad para almacenar los sólidos depositados con el objeto de limpiarlas una o dos veces por año. -- Cuando se diseñan las lagunas de sedimentación, se consideran dos secciones paralelas en prevención de que cuando una de las secciones se limpie, la otra se encuentre operando. Asimismo, las lagunas deberán equiparse con baffles para distribuir adecuadamente el flujo y utilizar el máximo volumen de sedimentación.

VI.2.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

Con base a los antecedentes anteriores y de acuerdo con las características que presentan las aguas residuales de la

industria vinícola en estudio de opciones de tratamiento que pueden ser factibles de desarrollar, son: Tratamiento físico (Sedimentación), Tratamiento químico (Neutralización), Laguna de aireación y Laguna de sedimentación. A continuación se -- presentan cuatro alternativas de tratamiento, para las cuales se tomaron en consideración los siguientes datos:

Flujo de agua residual = $120 \text{ m}^3/\text{día}$

Concentración de contaminantes

DBO = 3,450 mg/l.

DQO = 10,000 mg/l.

SST = 4,236 mg/l.

G y A = 14 mg/l.

S. sed = 4 mg/l.

pH = 3

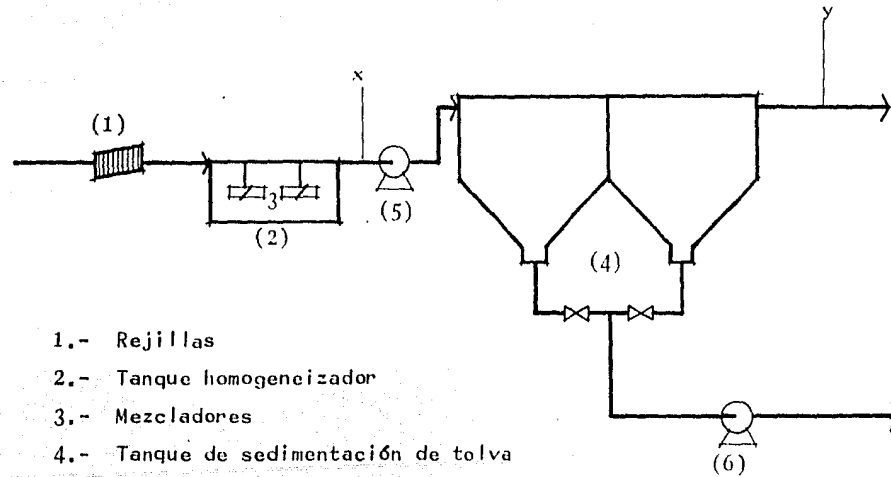
1a. ALTERNATIVA

Consta de un tanque de sedimentación de tolva.

El diagrama de flujo del sistema representado en la fig. no. 6.1, en el cual se marcan los puntos x, y, para los cuales se hace una estimación de los parámetros contaminantes de pendiente de un balance general y de las eficiencias que se - indican en la tabla no. 6.1.

FIG. No. 6.1.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION DE TOLVA



- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque homogeneizador
- 3.- Mezcladores
- 4.- Tanque de sedimentación de tolva
- 5.- Bomba
- 6.- Bomba para lodos

Eficiencias del tanque de sedimentación de tolva.

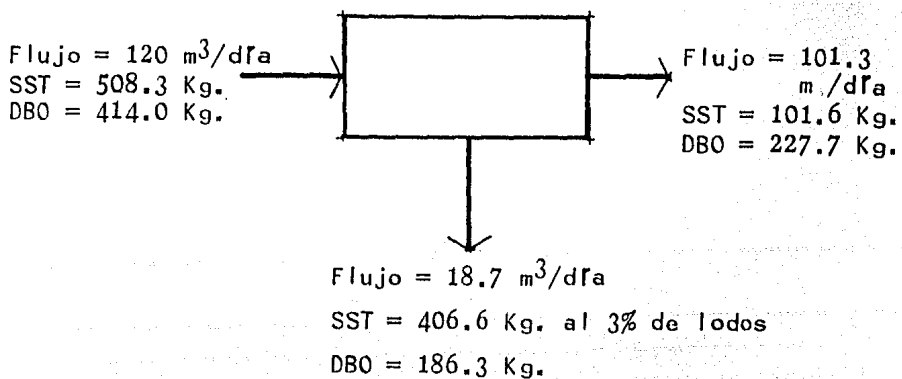
TABLA No. 6.1.

Relación lograda en el sistema

CONCEPTO	PUNTO x (Kg)	PUNTO y (Kg)	% EFICIENCIA
DBO	414.0	227.7	45
DQO	1200.0	660.0	45
SST	508.3	101.6	80
G y A	1.68	0.168	90
pH	3	3	

La fig. no. 6.2, presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento, tanque de sedimentación de tolva.

FIG. No. 6.2.



Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque homogeneizador
- 3.- Mezcladores
- 4.- Tanque de sedimentación de tolva
- 5.- Bomba
- 6.- Bomba para lodos

Cálculo de equipo:

1.- Rejillas

Para la retención de sólidos gruesos se utilizan rejillas, se recomienda que estas sean de 15 a 30 mm. de claro libre entre barras.

2.- Tanque homogeneizador

Se recomienda su utilización debido a que los procesos en la industria vinícola son intermitentes y se desea que el proceso de tratamiento sea continuo, tomándose en consideración que el periodo laborable en la industria en estudio es de 24 horas al día, por lo tanto se recomienda que el tanque homogeneizador - tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la planta, o sea 120 m³.

Dimensiones: Se asume una altura de 3 metros

Ancho = 5 mts.

Largo = 8 mts.

3.- Mezcladores

Se requiere 0.05 H.P. por cada m³ de agua residual, lo que

implica que los H.P. necesarios sean:

$$\text{H.P.} = 120 \text{ m}^3 \times 0.05 \text{ H.P./m}^3 = 6 \text{ H.P.}$$

Se recomienda la instalación de dos mezcladores de 6 H.P. debido al mantenimiento del equipo.

4.- Tanque de sedimentación de tolva.

Su función es sedimentar los sólidos en el seno del líquido, facilitando esta operación por la forma de los tanques, para lograr una eficiencia del 80% en los sólidos suspendidos totales proponiéndose un tiempo de residencia de 4 horas.

$$\text{Volumen} = \frac{120 \text{ m}^3 \times 4 \text{ hrs.}}{24 \text{ horas}} = 20 \text{ m}^3$$

Asumiendo una altura de 3 mts.

$$\text{Area} = \frac{20 \text{ m}^3}{3 \text{ mts.}} = 6.66 = 6.7 \text{ m}^2$$

Donde:

$$\text{Largo} = 4.5 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 1.5 \text{ mts.}$$

Por la experiencia se conoce que la mayor eficiencia se consigue con una inclinación de 45° en las tolvas.

Los accesorios del tanque son:

- Mamparas, cuya función consiste en obtener una mejor distribución del agua residual en el tanque.
- Desnatador para eliminar material de baja densidad -- (grasas, aceites, etc.).
- Vertederos cuya función es permitir la entrada y salida del agua al tanque.

5.- Bombas

Su función consiste en bombear el agua del tanque homogeneizador al tanque sedimentador de tolva.

$$\text{Su flujo promedio} = 120,000 \text{ lts./día} = 83,3 \text{ lts./min.}$$

por lo que se recomiendan dos bombas de 85 lts./min., de las cuales una se usará como repuesto.

6.- Bomba para lodos

Su función consiste en bombear los lodos del sedimentador de tolva hacia su disposición final.

$$\text{Su flujo promedio} = 18,700 \text{ lts./día} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min.}} = 12,98$$

para lo que se recomienda utilizar dos bombas de 15 lts./min. una de ellas se utilizará como repuesto.

2a. ALTERNATIVA

Tanque de sedimentación con adición de floculantes.

El diagrama de flujo se muestra en la fig. no. 6.3. en la cual se marcan los puntos x, y, para los cuales se hace una estimación de los productos contaminantes dependiendo del balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla no. 6.2.

TABLA No. 6.2.
Relación lograda en el sistema

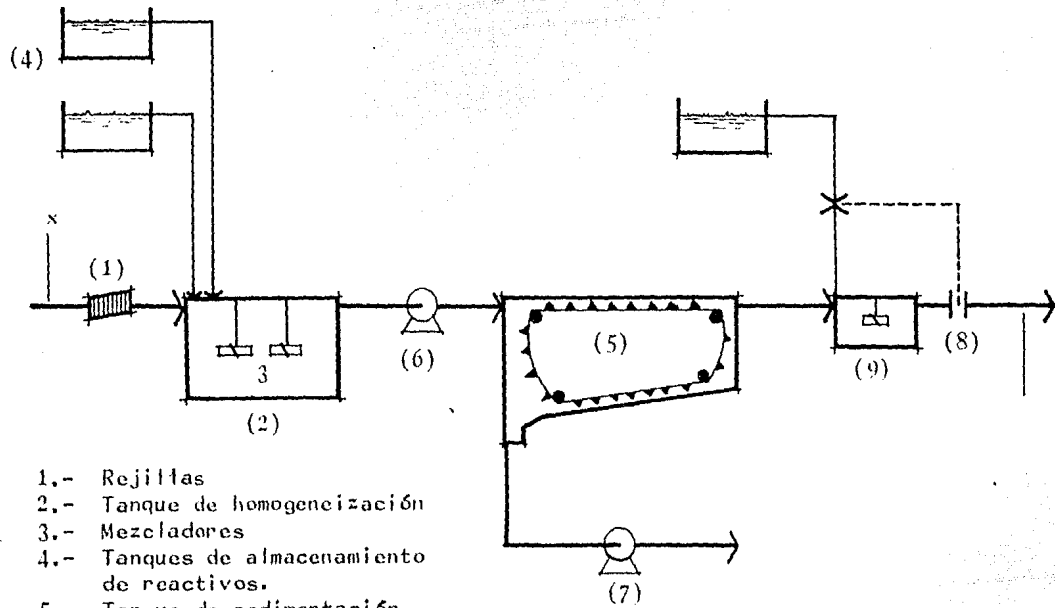
CONCEPTO	PUNTO x (Kg)	PUNTO y (Kg)	% EFICIENCIA
DBO	414.0	103.5	75
DQO	1200.0	840.0	30
SST	508.3	50.83	90
pH	3	6 - 8.5	

Para el diseño de este sistema se propone el uso de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y Oxido de Calcio (CaO) como coagulantes, basándose en datos de eficiencias y costos, es de hacerse notar que los coagulantes antes mencionados pueden ser objeto de cambio según las necesidades de la planta, para obtener mayores eficiencias a menor costo.

La fig. no. 6.4. presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento, tanque de sedimentación con adición de floculante.

FIG. No. 6.3.

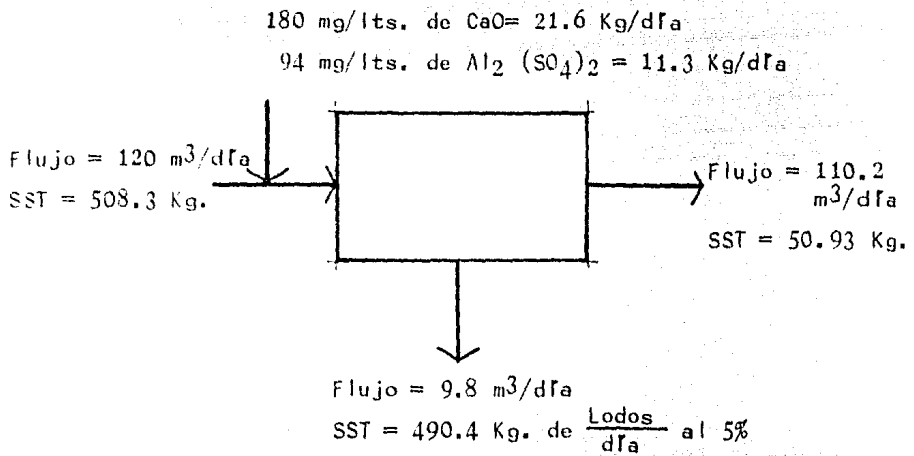
DIAGRAMA DE FLUJO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION CON ADICION DE FLOCULANTE



- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque de homogeneización
- 3.- Mezcladores
- 4.- Tanques de almacenamiento de reactivos.
- 5.- Tanque de sedimentación
- 6.- Bomba
- 7.- Bomba para lodos
- 8.- Controlador automático de pH
- 9.- Tanque de neutralización

FIGURA No. 6.4.

BA NCE GENERAL DE MASA PARA SISTEMA
DE TRATAMIENTO, TANQUE DE SEDIMENTA-
CION CON ADICION DE FLOCULANTE.



Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque de homogeneización
- 3.- Mezcladores
- 4.- Tanque para almacenamiento de reactivos
- 5.- Tanque de sedimentación
- 6.- Bombas
- 7.- Bombas de lodos
- 8.- Controlador automático de pH
- 9.- Tanque de neutralización

Cálculo del equipo:

1.- Rejillas

Para retención de sólidos gruesos se utilizan rejillas, se recomienda que estas sean de 15 a 30 mm de claro libre entre barras.

2.- Tanque homogeneizador

Se recomienda su utilización debido a que el proceso es intermitente y se desea que el proceso de tratamiento sea continuo, en la industria en estudio el periodo laboral es de 24 horas, por lo que se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la planta, o sea de 120 m^3 .

3.- Mezcladores

Se requiere 0.05 H.P. por cada m^3 de agua residual, lo que implica que los H.P. necesarios sean:

$$\text{H.P.} = 120 \text{ m}^3 \times 0.05 \text{ H.P./m}^3 = 6 \text{ H.P.}$$

Se requiere instalar dos mezcladores de 6 H.P. debido al mantenimiento del equipo.

4.- Tanque para almacenamiento de reactivos

La función de este tanque, es el de almacenar los reactivos que se utilizan en el homogeneizador para flocular los contaminantes de las aguas, se propone un tanque con una capacidad de 500 lts. para el uso de varios días; equipo opcional.

5.- Tanque de sedimentación

Su función consiste en separar del efluente los sólidos suspendidos, con una eficiencia del 90% por lo que se le da un tiempo de retención de 4 horas.

$$\text{Volumen} = \frac{120 \text{ m}^3 \times 4 \text{ hrs.}}{24 \text{ horas}} = 20 \text{ m}^3$$

Se asume una altura de 3 mts.

$$\text{Area} = \frac{20 \text{ m}^3}{3 \text{ mts.}} = 6.66 = 6.7 \text{ m}^2$$

Se recomienda que cuando las áreas sean menores de 10 m^2 se utilicen tanques de forma rectangular en los que el largo sea aproximadamente 3 veces el ancho, por lo que las dimensiones propuestas para el tanque son:

$$\text{Largo} = 4.5 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 1.5 \text{ mts.}$$

El tanque debe tener como accesorios:

- Rastras para la remoción de sólidos del fondo del tanque.
- Desnatador para eliminar material de baja densidad (grasas, aceites, etc.).
- Vertederos cuya función es la entrada y salida de agua al tanque.

6.- Bombas

Su función es de bombear el agua en tratamiento, del tanque de homogeneización al tanque de sedimentación.

$$\begin{aligned}\text{Su flujo es} &= 120,000 \text{ lts/dfa} \times 1 \text{ dfa}/1440 \text{ min.} = \\ &= 83,331 \text{ lts./min.}\end{aligned}$$

por lo que se recomiendan dos bombas de 85 lts. por min. usándose una como repuesto.

7.- Bombas de lodos

Su función es bombear los lodos del sedimentador hacia su disposición final.

$$\begin{aligned}\text{Su flujo promedio} &= 9800 \text{ lts./dfa} \times 1 \text{ dfa}/1440 \text{ min.} = \\ &= 6.8 \text{ lts./min.}\end{aligned}$$

por lo cual se recomiendan dos bombas de 10 lts./min., una de ellas para usarse como repuesto.

8.- Controlador automático de pH

Debido a la dosificación de los coagulantes, se espera tener un pH alto en el agua residual, por lo que se recomien-

da un medidor de pH automático que neutralice la acidez de las aguas por medio de un dosificador automático de una base.

El medidor de pH va conectado a una válvula que tiene como objetivo dejar pasar la solución alcalina, según las necesidades del tanque neutralizador, para lo cual se requiere de un tanque almacenador de la solución alcalina, se propone que éste sea de 200 lts.

9.- Tanque de neutralización

Su objetivo es neutralizar la solución ácida que proviene del tanque de sedimentación a través de un mezclado con la solución alcalina dosificada por el medidor de pH automático.

El tiempo de retención que se da para el mezclado, es de 5 min., con lo que:

$$V = 110,200 \text{ lts./día} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min.}} \times 5 \text{ min.} = 382.6 \text{ lts.}$$

Para efectuar un buen mezclado, se propone un mezclador de 1/8 de H.P.

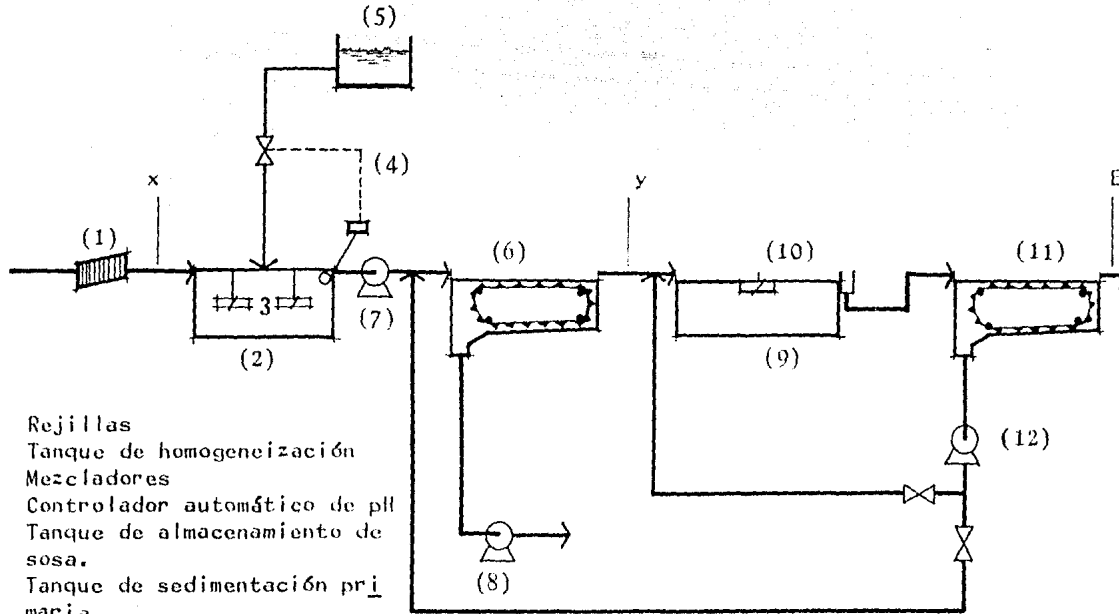
3a. ALTERNATIVA

Consta de un tanque de sedimentación primario, un tanque de aereación y un tanque de sedimentación secundario.

El diagrama de flujo del sistema está representado en la fig. no. 6.5. en el cual se marcan los puntos x, y, z, para los cuales se hace una estimación de los parámetros contaminantes dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla no. 6.3.

FIG. No. 6.5.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS



- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque de homogeneización
- 3.- Mezcladores
- 4.- Controlador automático de pH
- 5.- Tanque de almacenamiento de sosa.
- 6.- Tanque de sedimentación primaria.
- 7.- Bomba
- 8.- Bomba para lodos
- 9.- Tanque de aeración
- 10.- Acreadores
- 11.- Tanque de sedimentación secundaria
- 12.- Bomba para lodos

TABLA No. 6.3.

Remociones logradas por el sistema

CONCEPTO	PUNTO x (kg)	PUNTO y (kg)	% EFICIENCIA	PUNTO z	% EFICIENCIA
DBO	414.0	227.7	45	13.7	94
DQO	1,200.0	540.0	45	64.8	88
SST	508.3	152.5	70	16.7	89
pH	6 - 8.5	6 - 8.5		6 - 8.5	

BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA

Los datos necesarios para plantear el balance de masa, son los siguientes:

En el tanque de aereación, se plantea que por cada kilogramo DBO removido, se crean para su reproducción 0.3 kilogramos de bacterias aerobias y que de cada kilogramo de sólidos suspendidos hay un 30% de sólidos inertes, los cuales son recirculados como lodos al sistema.

BALANCE PARCIAL EN EL SEDIMENTADOR PRIMARIO

En la fig. no. 6.6 se muestra el balance de masa en el sedimentador primario, tomando únicamente el flujo de agua y masa de SST, para lo que se hace necesario la siguiente serie de cálculos:

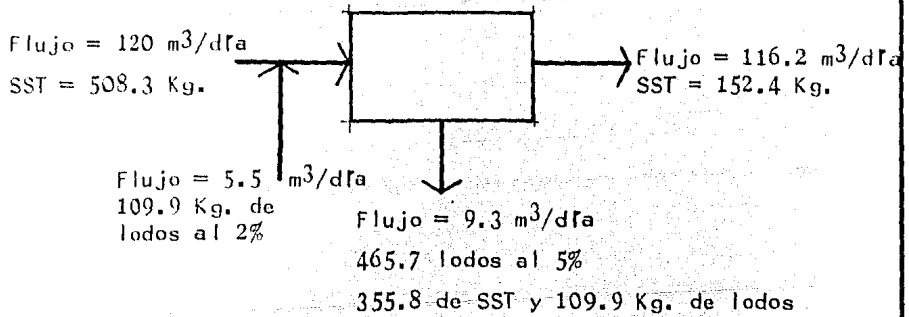
Kg. DBO removidos en el tanque de aereación

$$\text{Kg. DBO} = 227.7 - 13.7 = 214.0$$

Kg. de bacterias producidas por el DBO removido en el tanque de aereación.

FIGURA No. 6.6.

BA'ANCE PARCIAL DE MASA EN EL
SEDIMENTADOR PRIMARIO



$$\begin{aligned} \text{Kg. de bacterias} &= 214.0 \text{ de DBO} \times \frac{0.3 \text{ Kg. de bacterias}}{\text{Kg. DBO}} \\ &= 64.2 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

Kg. de SST como lodos en el tanque de aereación.

$$\begin{aligned} \text{Kg. de SST} &= 152.4 \text{ Kg. de SST} \times \frac{0.3 \text{ Kg. de lodos}}{\text{Kg. SST}} = \\ &= 45.7 \text{ Kg. de SST como lodos.} \end{aligned}$$

De donde la recirculación al sedimentador primario es de:

$$\text{Recirculación de lodos} = 64.2 + 45.7 = 109.9 \text{ Kg.}$$

La fig. no. 6.7. presenta el balance parcial de masa del tanque de aereación y sedimentación secundaria.

Para tener un buen funcionamiento en el tanque de aereación la concentración de licor mezclado de sólidos suspendidos (LMSS) debe ser 2,500 mg/lts. lo que hace una carga total de 607.3 Kg. de LMSS.

En la fig. no. 6.8. aparece el balance general de masa en el sistema de lodos activados, con lo cual se pasa a describir el equipo utilizado.

Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque de homogeneización
- 3.- Mezcladores
- 4.- Controlador automático de pH
- 5.- Tanque de sedimentación primario
- 6.- Bombas
- 7.- Bomba para lodos
- 8.- Tanque de aereación
- 9.- Aereadores

FIGURA No. 6.7.

BALANCE PARCIAL DE MASA EN EL TANQUE DE AERACION Y SEDIMENTADOR SECUNDARIO.

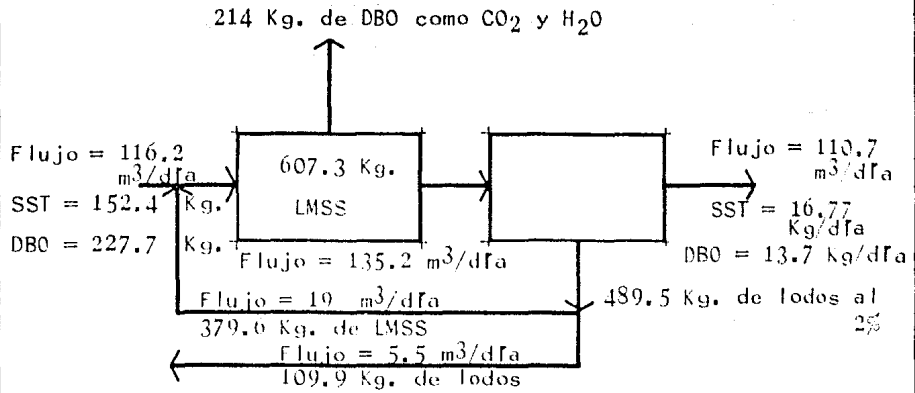
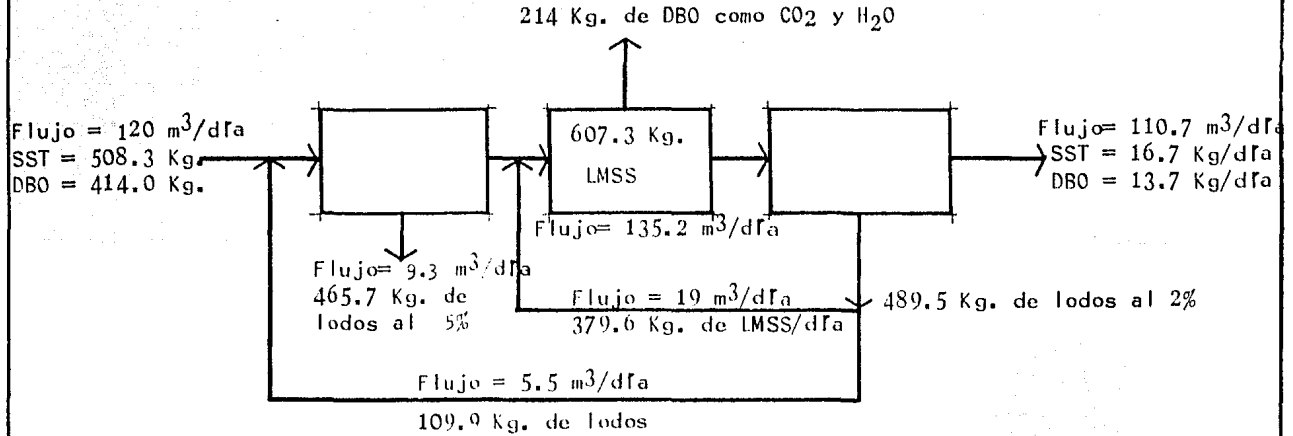


FIGURA No. 6.8.

BALANCE GENERAL DE LODOS ACTIVADOS

103



10.- Tanque de sedimentación secundaria

11.- Bombas para lodos

Cálculo del equipo:

1.- Rejillas

Para la retención de sólidos gruesos, se utilizan rejillas, recomendándose que éstas sean de 15 a 30 mm de claro libre entre barras.

2.- Tanque de homogeneización

Se recomienda su utilización debido a que el proceso es intermitente, así como de que sea continuo, debido a que en la industria el período laborable es de 24 horas al día, por lo tanto se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua al día en la planta, o sea de 120 m^3 .

3.- Mezcladores

Se requiere 0.05 H.P. por cada m^3 de agua residual, lo que implica que los H.P. necesarios sean:

$$\text{H.P.} = 120 \text{ m}^3 \times 0.05 \frac{\text{H.P.}}{\text{m}^3} = 6 \text{ H.P.}$$

Se requiere un mezclador de 6 H.P. pero se recomienda instalar 2, debido al mantenimiento del equipo.

4.- Controlador automático de pH

Para el buen funcionamiento del tanque de aeración, el agua residual debe llegar con un pH entre 6 - 8, debido a --

que las descargas son ligeramente ácidas, por lo cual es necesario agregar un agente neutralizador, que se propone sea Hidróxido de Sodio, por su mayor facilidad de manejo. El medidor de pH se conecta a una válvula que tiene como objetivo, dejar pasar la solución alcalina, según las necesidades del tanque - homogeneizador que se recomienda sea de 200 litros para el suministro de varios días.

5.- Tanque de sedimentación primario

Su función consiste en separar del efluente, los sólidos - sedimentables en un 100%, y los sólidos suspendidos con una - eficiencia aproximada del 70%, para un tiempo de retención de 4 horas.

$$\text{Volumen} = \frac{120 \text{ m}^3 \times 4 \text{ hrs.}}{24 \text{ horas}} = 20 \text{ m}^3$$

Se asume una altura de 3 mts.

$$\text{Area} = 6.67 \text{ m}^2$$

Donde:

$$\text{Largo} = 4.5 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 1.5 \text{ mts.}$$

Se recomienda que cuando las áreas sean menores de 10 m^2 , se utilicen tanques de forma rectangular, en los que el largo sea aproximadamente 3 veces el ancho, por lo que las dimensiones propuestas para el tanque son:

$$\text{Largo} = 4.5 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 1.5 \text{ mts.}$$

El tanque debe tener como accesorios:

- Rastras para la remoción de sólidos del fondo del tanque.
- Desnatador para eliminar material de baja densidad -- (grasas, aceites, etc.).
- Vertederos, cuya función es la entrada y salida de agua al tanque.

6.- Bombas

Su función es bombear el agua en tratamiento, del tanque homogeneizador al tanque de sedimentación primaria.

$$\begin{aligned} \text{Su flujo promedio} &= 120,000 \text{ lts./día} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min.}} = \\ &= 83,331 \text{ lts./min.} \end{aligned}$$

Se recomiendan dos bombas de 85 lts./min., utilizándose una como repuesto.

7.- Bomba para lodos

Su función es bombear los lodos del sedimentador primario hacia su disposición final.

$$\begin{aligned} \text{Su flujo promedio} &= 9400 \text{ lts./día} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min.}} = \\ &= 6.5 \text{ lts./min.} \end{aligned}$$

por lo que se recomiendan dos bombas de 10 lts./min., de las cuales una servirá de repuesto.

8.- Tanque de aereación

Su función es proporcionar un tratamiento secundario (biológico) a las aguas residuales.

Las bases fundamentales de diseño son las siguientes; para aprovechar al máximo el rendimiento de un tanque de aereación, la concentración de licores mezclados de sólidos suspendidos (LMSS), debe ser de 2500 mg/lts., la cantidad de DBO alimentada debe guardar la relación; cantidad de alimentación de DBO = 0.4 DBO/día /Kg LMSS, para la eficaz conservación de los lodos activados. Del balance de masa se conoce la cantidad de DBO que entra al tanque de aereación, y que es de 227.7 Kg./día.

Cálculo del volumen del tanque:

$$\frac{227.7 \text{ Kg. DBO/día}}{0.4 \text{ Kg. DBO/día Kg. LMSS}} = 569.2 \text{ LMSS}$$

$$\frac{569.2 \text{ Kg. LMSS}}{0.0025 \text{ Kg. LMSS/C}} = 227,680 \text{ L} = 230 \text{ m}^3$$

La altura recomendada para este tipo de tanques, es de 3 mts. por lo que:

$$A = \frac{230 \text{ m}^3}{3 \text{ mts.}} = 76.66 \text{ m}^2$$

De aquí se sugieren las siguientes dimensiones:

$$\text{Largo} = 12.83 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 6 \text{ mts.}$$

Cálculo de oxígeno necesario para el proceso

Se calcula en base a los kilogramos de DBO removidos del efluente al final del proceso, tomando como base 1.3 kilogramos de O₂ por Kg. de DBO, del balance de masa 214.0 Kg. de DBO con lo que:

$$\text{O}_2 \text{ requerido} = 214.0 \text{ Kg. DBO} \times \frac{1.3 \text{ Kg. O}_2}{\text{Kg. DBO}} = 278.2 \text{ Kg. de O}_2$$

9.- Aereadores

Los aereadores mecánicos rinden aproximadamente 22 Kg. - O₂/ H.P. dfa, calculando los H.P. necesarios para los Kgs. de O₂ requeridos se tienen:

$$\text{H.P. necesarios} = \frac{278.2 \text{ Kg. de O}_2}{22 \text{ Kg. de O}_2} = 12.65 \text{ H.P. dfa}$$

por lo que se recomiendan 2 aereadores de 10 H.P. cada uno.

10.- Tanque de sedimentación secundaria

Su función es separar los sólidos suspendidos de licor - mezclado, del efluente final, del balance de masa se tiene -- que el flujo que maneja el tanque es de 140 m³/dfa, estimando un tiempo de retención de 4 horas, se obtiene un volumen de:

$$\text{Volumen} = \frac{140 \text{ m}^3/\text{dfa} \times 4 \text{ hrs.}}{24 \text{ horas}} = 23.3 \text{ m}^3$$

Asumiendo una altura de 3 mts.

$$\text{Area} = \frac{23.3 \text{ m}^3}{3 \text{ mts.}} = 7.76 \text{ m}^2$$

Donde:

$$\text{Largo} = 4.70 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 1.65 \text{ mts.}$$

Los accesorios del tanque son rastras y vertederos.

11.- Bombas para lodos

Su función consiste en recircular los lodos a los tanques de sedimentación primaria y de aereación.

$$\text{Se flujo promedio} = 24,500 \text{ Lts./dfa} \times \frac{1 \text{ dfa}}{1440 \text{ min.}} = 17.0 \text{ lts./min.}$$

por lo que se recomiendan dos bombas de 20 lts. X min. para tener una de ellas como de repuesto.

4a. ALTERNATIVA

Consta de laguna de aereación y laguna de sedimentación.

El diagrama de flujo se presenta en la fig. no. 6.4 en la cual se marcan los puntos x, y, para los cuales se hace una estimación de los parámetros contaminantes, dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla no. 6.4.

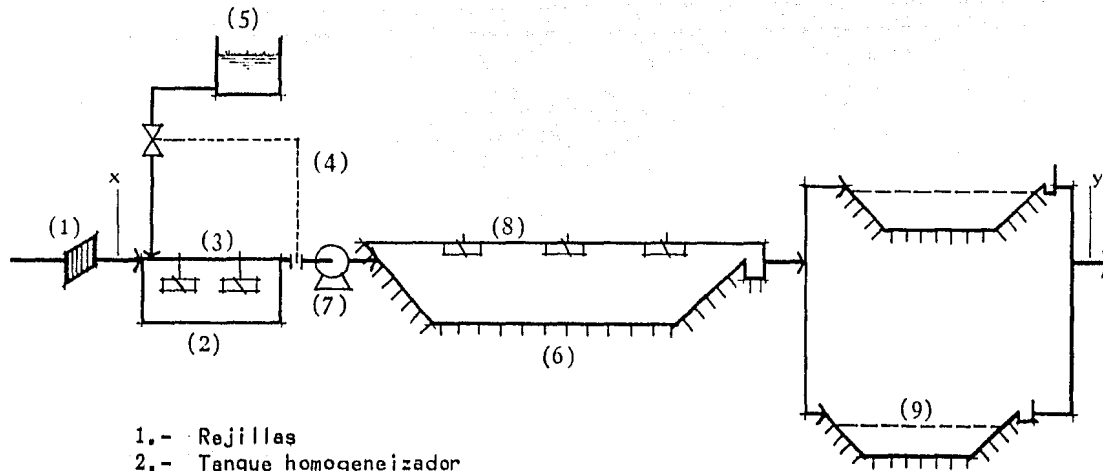
TABLA No. 6.4.
Remociones logradas en el sistema

CONCEPTO	PUNTO x (Kg)	PUNTO y (Kg)	% EFICIENCIA
DBO	414.0	8.28	98
DQO	1,200.0	120.00	90
SST	508.3	50.80	90
pH	6 - 8.5	6 - 8.5	

La fig. no. 6.9 presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento de la laguna de aereación y laguna de sedimentación.

FIG. No. 6.9.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LAGUNA DE AEREAACION Y LAGUNA DE SEDIMENTACION



- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque homogeneizador
- 3.- Mezcladores
- 4.- Controlador automático de pH
- 5.- Tanque de almacenamiento de sosa
- 6.- Laguna de aereación
- 7.- Bomba
- 8.- Acreadores
- 9.- Lagunas de sedimentación

Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque homogeneizador
- 3.- Mezcladores
- 4.- Medidor automático de pH
- 5.- Bomba
- 6.- Aereadores

Cálculo de equipo:

1.- Rejillas

Para la retención de sólidos gruesos, se utilizan rejillas las cuales se recomienda que sean de 15 a 30 mm, claro libre - entre barras.

2.- Tanque homogeneizador

Se recomienda su utilización debido a los procesos en la industria vinícola es intermitente, y se desea que el tratamiento sea continuo tomándose en consideración que el periodo laborable en la industria en estudio es de 24 horas al día, por lo tanto se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la planta, o sea 120 m³.

3.- Mezcladores

Se requiere 0.05 H.P. por cada m³ de agua residual, lo que implica que los H.P. necesarios sean:

$$\text{H.P.} = 120 \text{ m}^3 \times 0.05 \text{ H.P./m}^3 = 6 \text{ H.P.}$$

Se recomienda la instalación de dos mezcladores, debido al mantenimiento del equipo.

4.- Controlador automático de pH

Para el buen funcionamiento de las lagunas de aereación, el agua residual debe llegar con un pH de 6 a 8.5 como la variación de pH en el tanque homogeneizador, debido a que las descargas son ligeramente ácidas, es necesario adicionar un agente neutralizador que se propone sea: NaOH, por su mayor facilidad de manejo.

El medidor de pH, va conectado a una válvula que tiene como objetivo dejar pasar la solución alcalina según las necesidades del tanque homogeneizador, para lo cual se requiere un tanque almacenador de NaOH, que se propone sea de 200 lts. para el suministro de varios días.

5.- Bomba

Su función consiste en bombear el agua en tratamiento del tanque homogeneizador a la laguna de aereación.

$$\begin{aligned} \text{Su flujo promedio} &= 120,000 \text{ lts./día} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min.}} = \\ &= 83.3 \text{ lts./min.} \end{aligned}$$

se recomiendan dos bombas de 85 lts./min., de las cuales una servirá de repuesto.

6.- Acreadores

Cálculo de oxígeno necesario para el proceso

Se calcula en base a los kilogramos de DBO removidos del efluente al final del proceso, tomando como base 1.3 kilogramos de O₂ por kilogramo de DBO, del balance de masa se tiene que fueron removidos 405.7 kilogramos de DBO/día, por lo que:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ requerido} &= 405,7 \text{ Kgs. de DBO} \times \frac{1,3 \text{ Kgs. de O}_2}{\text{Kgs. DBO}} = \\ &= 527,4 \text{ Kgs. de O}_2 \end{aligned}$$

Los aereadores mecánicos miden aproximadamente 22 kilos - de O₂/H.P. dfa. Calculando los H.P. necesarios para los kilogramos de O₂ requeridos, se tiene:

$$\text{H.P. necesarios} = \frac{527,4 \text{ Kgs. de O}_2}{22 \text{ Kgs. de O}_2/\text{H.P. dfa}} = 23,97 \text{ H.P. dfa.}$$

por lo que se recomiendan dos aereadores de 15 H.P. en una distribución tal, que existan aproximadamente 15 mts. entre uno y otro para lograr su máxima eficiencia.

Cálculo de la Laguna de Aereación

Su función es proporcionar un tratamiento secundario (biológico) a las aguas residuales.

Las bases fundamentales de diseño son las siguientes:

Para aprovechar el máximo rendimiento de una laguna de aereación, la concentración de licores mezclados de sólidos suspendidos (LMSS), debe ser 500 mgs./lt.

La cantidad de DBO alimentada al sistema debe aguardar, - al igual que en los tanques de aereación, la relación, cantidad de alimentación de DBO = 0,4 Kgs. de DBO/dfa/Kgs. LMSS, para la eficaz conservación de los lodos activados.

Del balance de masa se conoce la cantidad de DBO que entra al tanque de aereación, y es de 414 Kgs./dfa.

$$\frac{414 \text{ Kgs. DBO/dfa}}{0,4 \text{ Kgs. DBO/dfa Kgs. LMSS}} = 1,035 \text{ Kgs. LMSS}$$

$$\frac{1,035 \text{ Kgs. LMSS}}{0.0005 \text{ Kgs. LMSS/lts.}} = 2,070,000 \text{ lts.} = 2,070 \text{ m}^3$$

Altura estimada = 3 mts.

donde: $A = \frac{2,070 \text{ m}^3}{3 \text{ mts.}} = 690 \text{ m}^2$

Para que el costo de los aereadores sea menor, y sabiendo que la máxima distancia entre aereadores para una buena eficiencia es de 15 metros, se proponen las siguientes dimensiones:

Largo = 45 mts. = 45 mts.

Ancho = 15.33 mts. = 15.5 mts.

Cálculo de las Lagunas de Sedimentación

Su función consiste es separar los sólidos suspendidos -- del efluente final. Del balance de materia se sabe que el flujo que maneja es de $120 \text{ m}^3/\text{día}$.

Los problemas que se presentan en la laguna de sedimentación, es el obtener el tiempo máximo para darle mantenimiento, o sea remover los lodos sedimentados en el fondo.

Para solucionar este problema, se intenta dar el mayor -- tiempo de retención, lo que hace que el volumen de la laguna - se incremente notablemente, así como el espacio requerido para su construcción, por lo que se recomienda construir dos lagunas de sedimentación con un tiempo de retención de dos días, - para que mientras una está en funcionamiento, se tenga el tiempo necesario para proporcionarle servicio de mantenimiento a - la otra.

El volumen de la laguna es de:

$$V = 120 \text{ m}^3/\text{día} \times 2 \text{ días} = 240 \text{ m}^3$$

Las dimensiones son de :

Altura = 3 mts. incluyendo un metro para la sedimentación de lodos.

$$A = 240 \text{ m}^3 / 3 \text{ mts.} = 80 \text{ m}^2$$

Largo = 8.9 = 9 mts.

Ancho = 8.9 = 9 mts.

Hasta este momento, se ha realizado la caracterización de una serie de alternativas encaminadas a resolver el problema de la contaminación de las aguas de una industria vinícola, -- ahora se pasa a analizar los posibles fines de las aguas tratadas y de los lodos obtenidos en el tratamiento.

La reglamentación para poder desechar las aguas residuales de la industria, marca el cumplimiento de concentraciones en las aguas en 5 diferentes parámetros, en su primera fase y que son señalados a continuación:

Sólidos Sedimentables	1 mg./L
Grasas y Aceites	70 mg./L
Materia Flotante	ninguna que pase por una malla de 3 mm.
Temperatura	Hasta 35° C
pH	De 4.5 a 10

Como segunda fase, se reglamentan parámetros tales como: DBO, detergentes, materiales tóxicos, etc., con lo que se espera poder detener la contaminación de las fuentes receptoras, por lo tanto se debe pensar en un futuro para cuantificar las posibilidades del tratamiento a llevarse a cabo en una industria.

Las alternativas son presentadas en orden de complejidad y de eficiencia para poder determinar cuál de ellas es la más viable para su utilización.

La primera alternativa presenta un efluente final que se enmarca dentro de las exigencias actuales para el desecho a las redes municipales de las aguas industriales, a excepción del pH, que puede controlarse mediante la adición de una solución de NaOH, pero de ninguna manera presenta la posibilidad de su neutralización en la industria, pues todavía existe una alta concentración de contaminantes.

La segunda alternativa, muestra que las aguas tratadas cumplen también con los parámetros exigidos para su disposición en los colectores municipales, siendo posible su reutilización en alguna parte del proceso.

La tercera y cuarta alternativa, se proyectan a un futuro, pues su principal función se encuentra en abatir los parámetros asignados como DBO y DQO, estos tratamientos son de origen biológico y como es de suponerse, su conservación y aplicación son bastante más compleja que en las alternativas anteriores, pero amplía la posibilidad de una reutilización de las aguas tratadas previa cloración.

La disposición de los lodos, se debe realizar secándose sobre lecho de arena o filtros al vacío, utilizándose después como relleno de terrenos o bien como fertilizantes.

VI.3.- ALTERNATIVAS DE PROCESO QUE UTILIZAN MENOS AGUA.

Propiamente no es el cambio de proceso productivo donde se puede tener ahorro de agua, sino en las operaciones indirectas pero necesarias para llevar a cabo estos procesos. Es

el caso de los lavados que en esta industria es muy importante y que resulta tener muy baja eficiencia, se estima que equipando al sistema de limpieza adecuada (por ejemplo: con pistolas de alta presión), se podría tener un ahorro del 50% del volumen de agua que actualmente se emplea, con lo cual se disminuiría apreciablemente el agua empleada para tal efecto.

VI.4.- ALTERNATIVAS DE REUSO.

En la industria en estudio, se lleva a cabo en la mayoría de ella la reutilización de los condensados provenientes de las torres de destilación, consistiendo ésta básicamente en recuperar el condensado del vapor que sirve para separar el aguardiente de las torres de destilación. Normalmente el agua residual proveniente de la operación de destilado (vinazas) se compone de 2 partes, una son los residuos y el agua proveniente propiamente de la uva, y la otra el condensado del vapor que aproximadamente representa el 25% de la vinaza, este porcentaje puede ser recuperado para su reutilización con equipo adecuado (por ejemplo: Rebollers), con el consiguiente ahorro en agua, energía (puesto que está caliente) y en tratamiento, pues es agua libre de impurezas.

En esta industria, donde se tiene estancado de barricas o sea, la operación de llenar las barricas con agua para que estas no queden vacías y sufran deterioro, se puede llevar a cabo una reutilización del agua, ya que prácticamente al vaciarla se encuentra libre de contaminantes, salvo por una cantidad mínima de sólido sedimentable y en suspensión.

El total de estas aguas se puede emplear en los primeros lavados de los tanques de fermentación, o bien en el riego de

huertas y jardines. El volumen de agua recuperada varía según la cantidad de barricas que se vacíen al día.

Otra operación en la que se puede tener reuso de agua es el sistema de enfriamiento de los tanques de almacenamiento - del mosto, que tienen algunas industrias vinícolas y consiste básicamente en los escurrimientos de agua sobre todo el cuerpo del tanque, estos volúmenes de agua se pueden recircular - siempre que el incremento de temperatura en el agua no sobrepase los 2 °C, en cuyo caso esta agua se podría emplear en -- cualquier otra operación.

VI.5.- RECUPERACION DE SUBPRODUCTOS.

Esta industria no emplea productos químicos en su proceso productivo que sean susceptibles de una recuperación; sin embargo, el bagazo y los tallos de la uva son materiales que nunca se arrojan como desechos, ya que sirven como forraje dado el alto contenido de vitamina B y algunas proteínas, que - debidamente acondicionadas resultan un excelente alimento para el ganado vacuno.

VII ANTEPROYECTO DE COSTOS

VII.1.- COSTO DE TRATAMIENTO

En este capítulo, se hace una estimación de los costos para las diferentes alternativas presentadas en el capítulo anterior. Los costos se reportan en base al equipo utilizado en los sistemas de tratamiento y deben considerarse a precios de Julio de 1985, para su determinación a fechas futuras o anteriores es necesario utilizar un factor de conversión de -- acuerdo a los incrementos de costo de los materiales y equipo utilizados.

En cuanto a costos de instalación eléctrica, la instrumentación y tuberías, acondicionamiento de terreno, y costos varios se estimó un porcentaje basado en el costo total del equipo. No se incluyen costos de mantenimiento, operación, etc., debido a la diversificación de variables existentes para poder determinar un costo promedio en cada una de las operaciones mencionadas. La estimación de costos se debe tomar con la mayor reserva, dado que los fabricantes difieren en -- los precios de un mismo equipo.

El costo reportado para los sedimentadores, incluye los accesorios tales como: vertederos, mamparas, rastras y desnatadores.

PRIMERA ALTERNATIVA

TANQUE DE SEDIMENTACION DE TOLVA

COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION DEL EQUIPO

EQUIPO:	COSTO:
- Rejillas 15 a 30 mm. (Claro libre)	\$ 43,000.00
- Tanque de homogeneización (Concreto) volumen = $120 \text{ m}^3 + 20 \text{ m}^3$ (adiciona- dos para evitar derrames).	1'437,000.00
- Mezcladores de 6 H.P. (2)	552,000.00
- Tanque sedimentador de tolva (De - concreto) volumen = $120 \text{ m}^3 + 20 \text{ m}^3$ (adicionados para evitar derrames).	782,000.00
- Bombas de 85 lts./min. (2)	284,000.00
- Bombas para lodos de 15 lts./min. (2)	195,000.00
SUB-TOTAL:	\$ 3'293,000.00

PRIMERA ALTERNATIVA
 TANQUE DE SEDIMENTACION DE TOLVA

SUMARIO DE COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION

CONCEPTO:	COSTO:
(1) Costo base de maquinaria y equipo.	\$ 3'293,000.00
- Servicios de procuración y compra de equipo (3% de 1).	98,790.00
- Fletes, seguros, fianzas (3% de 1).	98,790.00
(2) Equipo de Planta	3'490,580.00
- Instalación de equipo (10% de 2)	349,058.00
- Instrumentación y tubería (4% de 1).	131,720.00
- Instalaciones eléctricas (4% de 1).	131,720.00
- Acondicionamiento de terreno (4% de 1).	131,720.00
- Costos varios (10% de 2).	349,058.00
(3) Sub-total	4'583,856.00
- Servicios de Ingeniería (12% de 3).	550,062.70
- Utilidad Bruta contratista (10% de 3).	458,385.60
COSTO TOTAL DE LA INVERSION:	\$ 5'592,304.30

SEGUNDA ALTERNATIVA

TANQUE DE SEDIMENTACION CON ADICION DE FLOCULANTE

COSTO ESTIMADO DE INVERSION DEL EQUIPO

EQUIPO :	COSTO :
- Rejillas (15 a 30 mm. claro libre)	\$ 43,000.00
- Tanque de homogeneización (Concreto) volumen = 120 m ³ + 20 m ³ - (adicionados para evitar derrames).	1'437,000.00
- Mezcladores de 6 H.P. (2)	552,000.00
- Tanques de almacenamiento de reactivos. Volumen = 500 litros (Disponibles en la industria) (2)	16,000.00
- Tanque de sedimentación (Concreto) Area = 6.67 m ²	782,000.00
- Bombas de 85 lts./min. (2)	284,000.00
- Bombas para lodos de 10 lts./min. (2)	192,000.00
- Controlador automático de pH	315,000.00
- Tanque de neutralización. Volumen = 500 litros (Disponibles en la industria)	16,000.00
- Mezclador de 1/8 H.P.	33,000.00
SUB-TOTAL:	\$ 3'670,000.00

SEGUNDA ALTERNATIVA

TANQUE DE SEDIMENTACION CON ADICION DE FLOCULANTE

SUMARIO DE COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION

CONCEPTO:	COSTO:
(1) Costo base de maquinaria y equipo.	\$ 3'670,000.00
- Servicio de procuración y compra de equipo (3% de 1)	110,100.00
- Fletes, seguros, fianzas (3% de 1)	110,100.00
(2) Equipo de planta	3'890,200.00
- Instalación de equipo (10% de 2)	389,020.00
- Instrumentación y tubería (4% de 1)	146,800.00
- Instalaciones eléctricas (4% de 1)	146,800.00
- Acondicionamiento de terreno (4% de 1)	146,800.00
- Costos varios (10% de 2)	389,020.00
(3) Sub-total	5'110,640.00
- Servicios de Ingeniería (12% de 3)	613,277.00
- Utilidad Bruta contratista (10% de 3)	511,064.00
COSTO TOTAL DE LA INVERSION:	\$ 6'234,981.00

TERCERA ALTERNATIVA

TANQUE DE SEDIMENTACION PRIMARIO, TANQUE DE AERACION

COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION DEL EQUIPO

EQUIPO :	COSTO :
- Rejillas (15 a 30 mm. claro libre)	\$ 43,000.00
- Tanque de homogeneización (Concreto) volumen = 120 m ³ + 20 m ³ - (adicionados para evitar derrames)	1'437,000.00
- Mezcladores de 6 H.P. (2)	552,000.00
- Controlador automático de pH	315,000.00
- Tanque sedimentador de reactivos volumen = 500 litros (Disponible en la industria)	16,000.00
- Tanque de sedimentación primario Area = 6.7 m ²	782,000.00
- Bombas de 85 lts./min. (2)	284,000.00
- Bombas para lodos de 10 lts./min. (2)	195,000.00
- Tanque de aereación (Concreto) volumen = 230 m ³ + 10 m ³ (adicionados para evitar derrames)	2'464,000.00
- Aereadores de sedimentación (2)	1'186,000.00
- Bombas para lodos de 20 lts./min. (2)	195,000.00

EQUIPO:	COSTO:
- Tanque de sedimentación (Concreto) secundario. Area = 5.8 m ²	\$ 782,000.00
<hr/> SUB-TOTAL: \$ 8'251,000.00 <hr/> <hr/>	

TERCERA ALTERNATIVA

TANQUE DE SEDIMENTACION PRIMARIO, TANQUE DE
AEREACION, TANQUE DE SEDIMENTACION SECUNDARIO

SUMARIO DE COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION

C O N C E P T O :	C O S T O :
(1) Costo base de maquinaria y equipo.	\$ 8'251,000.00
- Servicios de procuración y compra de equipo (3% de 1)	247,530.00
- Fletes, seguros, fianzas (3% de 1)	247,530.00
(2) Equipo de planta	8'746,060.00
- Instalación de equipo (10% de 2)	874,606.00
- Instrumentación y tubería (4% de 1)	330,040.00
- Instalaciones eléctricas (4% de 1)	330,040.00
- Acondicionamiento de terreno (4% de 1)	330,040.00
- Costos varios (10% de 2)	874,606.00
(3) Sub- total	11'485,392.00
- Servicios de Ingeniería (12% de 3)	1'378,247.00
- Utilidad Bruta contratista (10% de 3)	1'148,540.00
COSTO TOTAL DE LA INVERSION:	\$ 14'012,179.00

CUARTA ALTERNATIVA
LAGUNA DE AERACION Y LAGUNA DE SEDIMENTACION
COSTO ESTIMADO DE INVERSION DEL EQUIPO

EQUIPO:	COSTO:
- Rejillas (15 a 30 mm. claro libre)	\$ 43,000.00
- Tanque de homogeneización (Concreto) volumen = 120 m ³ + 20 m ³ (adicionados para evitar derrames)	1'437,000.00
- Mezcladores de 6 H.P. (2)	552,000.00
- Controlador automático de pH	315,000.00
- Tanque de almacenamiento de reactivos volumen = 200 litros (Disponibles en la industria)	16,000.00
- Bombas de 85 lts./min. (2)	284,000.00
- Acreadores de 15 H.P. (2)	1'300,000.00
- Laguna de aereación. Volumen de excavación = 2,070 m ³	531,000.00
- Lagunas de sedimentación. Volumen de excavación = 240 m ³	210,000.00
SUB-TOTAL:	\$ 4'688,000.00

CUARTA ALTERNATIVA
LAGUNA DE AERACION, LAGUNA DE SEDIMENTACION
SUMARIO DE COSTOS ESTIMADOS DE INVERSION

CONCEPTO :	COSTO :
(1) Costo base de maquinaria y equipo.	\$ 4'688,000.00
- Servicios de procuración y compra de equipo (3% de 1)	140,640.00
- Fletes, seguros, fianzas (3% de 1)	140,640.00
(2) Equipo de planta	4'969,280.00
- Instalación de equipo (10% de 2)	496,928.00
- Instrumentación y tubería (4% de 1)	187,520.00
- Instalaciones eléctricas (4% de 1)	187,520.00
- Acondicionamiento de terreno (4% de 1)	187,520.00
- Costos varios (10% de 2)	496,928.00
(3) Sub-total	6'525,696.00
- Servicios de Ingeniería (12% de 3)	783,084.00
- Utilidad Bruta contratista (10% de 3)	652,570.00
COSTO TOTAL DE LA INVERSION:	\$ 7'961,350.00

VIII CONCLUSIONES

Por el origen y cantidad de contaminantes, son las industrias las que más altamente contribuyen a que las aguas de los cuerpos receptores se contaminen, en perjuicio de la ecología del lugar, es por lo tanto de sumo interés para la sociedad el evitar que desechos industriales pongan en peligro el bienestar social de las comunidades, esta meta únicamente puede alcanzarse en la medida en que todos los integrantes de esta sociedad ayuden con sus esfuerzos individuales a contrarrestar el crecimiento humano, y con medidas que contribuyan a que las industrias no contaminen el ambiente en general.

Con estos antecedentes y con la gran importancia que tiene la industria vinícola en el marco económico del país, se procedió a desarrollar el presente trabajo, en el cual se ha considerado únicamente la elaboración de brandy, en cuyo proceso es considerable el consumo de agua, no así en la elaboración del vino cuyo consumo de agua no es significativo. Es importante destacar que la industria vinícola se encuentra a un nivel tecnológico equiparable al de cualquier país, con tecnología avanzada en este ramo, siendo esta industria de carácter 100% privada, a pesar de contar con una alta tecnología en el proceso, se contrasta con la nula tecnología en cuanto al control de la contaminación en sus proyectos, lo cual lleva a afirmar que este tipo de industria es de interés inmediato, el abatimiento de contaminantes en sus aguas residuales, ya que éstos por lo general se encuentran muy por encima de los límites requeridos para los cuerpos receptores.

La primera alternativa de tratamiento que se plantea con los requisitos de control actuales, permitirá en un futuro su fácil adaptabilidad a un tratamiento más completo, tal como -

se presenta en la segunda alternativa o bien, para formar parte de un sistema más complejo como el de los tratamientos biológicos según las necesidades de la industria en los parámetros de las aguas residuales, la única desventaja que se observa en su aplicación es el tiempo de funcionamiento que tiene como sistema, ya que todavía las concentraciones de contaminantes en su efluente final, son muy grandes y cuando empieza a regir la segunda fase de control, su operación como sistema no cumple con las normas que se establecen, debiéndose integrar como una parte de otro sistema, si la industria en particular es capaz de planificar al futuro otro sistema más completo, tomando únicamente esta alternativa como un elemento de ese sistema más eficiente, es recomendable su instalación inmediata.

La segunda alternativa, también cumple con la reglamentación actual y su eficiencia de tratamiento es mayor que el de la primera alternativa, pudiéndose esperar que en un futuro alcance los límites de la segunda fase de control, pero de ninguna manera nos proporciona un efluente con un índice bajo de contaminación y su utilización será a fin de cuentas temporal, ya que en un lapso corto de tiempo el control sobre contaminación, tiene que hacerse más rígido, pues como se indica anteriormente, es un problema que se agudiza día a día con el crecimiento industrial, por lo que su aplicación actual no es recomendable al ser un sistema de mayor costo que el primero y no fundamenta un avance considerable en el tratamiento de las aguas residuales.

La tercera alternativa que se presenta, se basa fundamentalmente en un tratamiento de tipo biológico, y su eficiencia es muy superior a las alternativas ya analizadas, siendo un sistema tal, que puede con ligeras modificaciones trabajar con

el control deseado para cualquier circunstancia, el problema fundamental que se presenta en este sistema es, que al trabajar con organismos vivos requiere de un amplio control y un cuidadoso manejo y mantenimiento, pues hay que mantener las condiciones óptimas para el desarrollo bacteriano, cuya función es primeramente obtener buenas eficiencias en el efluente final; su costo es el más alto de los tratamientos estudiados, pero si la meta es terminar en un solo paso con el problema de la contaminación que presentan sus aguas, este o cualquier otro tratamiento de tipo biológico, es más recomendable.

La cuarta y última alternativa, es comparable con las anteriores en cuanto a las eficiencias logradas en el abatimiento de contaminantes, y como en ellas se necesita un control en el proceso general, agregándose a este un intervalo de temperatura que no siempre puede lograrse por estar el sistema a la intemperie, y siendo esto fundamental para el desarrollo bacteriano, le quita muchas posibilidades de funcionamiento a este sistema, otra de las variables que mengua en mucho el factible uso de este proceso, es la disponibilidad de terreno para la construcción de las lagunas, es por lo tanto un sistema recomendable de control siempre y cuando se pueda resolver lo que se cuestiona antes.

Para tener una idea más clara de los fundamentos de las conclusiones obtenidas, se presentan los resúmenes de los procesos en las tablas Nos. 8.1. y 8.2. y en la gráfica No. 8.1.

TABLA No. 8.1.
CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE FINAL

	A L T E R N A T I V A S			Mg/Litros
	1a.	2a.	3a.	4a.
DBO	1,897.5	862.5	114.2	69.0
DQO	5,500.0	7,000.0	540.0	1,000.0
SST	846.7	423.6	139.2	423.3
pH	3	6 - 8	6 - 8	6 - 8.5

TABLA No. 8.2.
EFICIENCIAS EN CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS

	A L T E R N A T I V A S (%)			
	1a.	2a.	3a.	4a.
DBO	45	75	94	98
DQO	45	30	88	90
SST	80	90	89	90

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

- Departamento de Sanidad del Estado de New York,
Manual de Tratamientos de Agua,
Editorial LIMUSA, S. A.
México, D. F. 1973.

- Clair N. Sawyer, Perry L. McCarty,
Chemistry for Sanitary Engineers,
Mc.Graw Hill Book Company. 1967.

- La Contaminación,
Senent Juan,
Salvar Editores, S. A.
Barcelona. 1963.

- Abastecimiento de Agua y Alcantarillado,
Ernest W. Steel,
Gustavo Gilim, S. A.
Barcelona. 1972.

- Kirk-Othler,
Enciclopedia de Tecnología Química,
1º Edición en español, Unión Tipográfica,
Editorial Hispano-Americana,
México, D. F. 1971.

- Manual of Intruction Forsewege,
Treatment Plant Operators,
New York State Deparment of Health,
Editorial LIMUSA, S. A. 1972.

- Pollution Control,
Robert Rickley,
Chemical Process Monograph No. 10
New York 1965,
Noyer Development Corporation.