

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**



86

**TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**  
**DE LA INDUSTRIA CERVECERA**



**TESIS PROFESIONAL**

**AGUSTIN GONZALO ARANDA FLORES**

**INGENIERIA QUIMICA**

**1978**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

TESIS 1978  
M. 308 306  
\_\_\_\_\_

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

DE LA INDUSTRIA CERVECERA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS

INGENIERÍA QUÍMICA

1978



Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

307

FACULTAD DE QUIMICA  
DEPTO. DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES.

FORMA B  
(REVISION OFICIAL DEL TRABAJO ESCRITO)

A los Sres. Profesores:

"JORGE SPAMER GARCIA CONDE

"ALICIA BENITEZ DE ALTAMIRANO

"JOSE SIGONA TORRES

Miembros del Jurado para Examen Profesional.  
Presente.

De acuerdo con el actual reglamento de Exámenes Profesionales,  
envío a usted el tema de TESIS

denominado "TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA  
INDUSTRIA CERVECERA.

que presenta EL SR. AGUSTIN GONZALO ARANDA FLORES.

Pasante de la Carrera de INGENIERO QUIMICO

Como prueba escrita para su Examen Profesional, por lo que suplico a ustedes  
examinarla y anotar las observaciones que crean convenientes, manifestando al  
firmar en el anexo III si dicho trabajo es de aceptarse.

Muy atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU "  
Cd. Universitaria D.F., a 18 de Agosto de 1978

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES  
Y EXAMENES PROFESIONALES

QUIM. JULIO TERAN Z.

"Dadle un pescado a un hombre  
y comerá un día,  
enseñadle a pescar  
y comerá toda la vida".

Con cariño y gratitud  
a mis padre :  
SR. AGUSTIN ARANDA MORALES  
SRA. TERESA FLORES DE ARANDA

Con amor y confianza  
a mi novia :  
SRITA. CECILIA MARTHA AVALOS DOMENZAIN

Agradesco sinceramente a los ;  
QFB. JOSE SIGONA TORRES  
ING. CARLOS MARIO SANTIBAÑES MATA  
Su valiosísima ayuda y dirección para  
el presente trabajo.

A todas aquellas personas que de  
una u otra manera permitieron el  
término de mis estudios.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES  
DE LA INDUSTRIA CERVECERA

AGUSTIN GONZALO ARANDA FLORES

INGENIERIA QUIMICA



MEXICO, D.F. 1978

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE : Ing. Jorge Spamer García Conde  
VOCAL : Quím. Alicia Benitez de Altamirano  
SECRETARIO : Q.F.B. José Sigona Torres.  
1er. SUPLENTE : Ing. Ricardo Albarrán Luna  
2do. SUPLENTE : Ing. Gaspar Rubio Parente

Sitio donde se desarrolló

el tema:

CIECCA; SARH.

Nombre del sustentante:

Agustín Gonzalo Aranda Flores.

Nombre del asesor del

tema:

Q.F.B. José Sigona Torres.

## CONTENIDO

- I      OBJETIVO
  
- II     GENERALIDADES
  
- III    DESCRIPCION DE LA INDUSTRIA CERVECERA EN MEXICO
  
- IV     DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO
  
- V      USO DEL AGUA
  
- VI     AGUA RESIDUAL Y SUS CARACTERISTICAS
  
- VII    CONTROL DE LA CONTAMINACION
  
- VIII   TRATAMIENTO PROPUESTO
  
- IX     CONCLUSIONES

## INDICE

I	Objetivo	1
II	Generalidades	3
III	Descripción de la industria cervecera en México	16
IV	Descripción del proceso productivo	30
V	Uso del agua	45
VI	Agua residual y sus características	56
VII	Control de la contaminación	75
VIII	Tratamiento propuesto	110
IX	Conclusiones	129
X	Bibliografía	131

## CAPITULO I

### OBJETIVO

El hombre como ser viviente es el principal ser de la creación.

El agua como necesidad de todo ser vivo para poder subsistir, debe reunir características de agua potable.

La facilidad de dotar de servicios de agua potable a la sociedad, es causa de un problema continuo, latente, cada vez mayor, influenciado por el aumento de población, el incremento de industrias y lo cuantioso que resulta captar agua potable; México no es ajeno a este problema, el contar con uno de los mayores índices de natalidad en el mundo y la concentración tanto de población como de industrias, hizo reflexionar a las autoridades en el sentido de conocer y cuantificar las descargas residuales, esto, con el fin de determinar y restringir los efluentes de las industrias, tomando en cuenta que estas se van a unir a las de la población, dando como resultado un cuerpo de agua receptor muy contaminado.

Se define como agua residual: al líquido de composición variada proveniente de usos: municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuaria o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

La industria cervecera no es la excepción como industria que requiere grandes volúmenes de agua potable, abasteciéndose por medio de la red municipal y de pozos, dando como resultado grandes descargas de agua residual contaminada.

Por lo tanto los objetivos de este trabajo son:

En primer lugar el de cumplir con los parámetros impuestos a las descargas de aguas residuales, por la Secretaría de --- Agricultura y Recursos Hidráulicos.

En segundo lugar, contar con otro recurso de agua para casos en los que la buena calidad de ésta no sea un factor limitante en su uso, o bien en situaciones de emergencia. El tratar de volver a usar esta agua ahorraría grandes cantidades de ella, que por el momento es ocupada.

Por último evitar que los cuerpos de agua continúen contaminándose con las descargas de la industria cervecera, tomando en cuenta los grandes volúmenes de agua residual que descargan.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

Ultimamente ha tomado auge e importancia lo referente a la contaminación del agua, la existencia de casos críticos en los cuales la ecología se ha modificado radicalmente, ya que algunas especies de flora y fauna se han extinguido en diversas regiones y en las condiciones más drásticas, éstas ya no existen.

Los problemas que causan la contaminación en una región son de diversas formas y consecuencias. Aspectos tales como la -- muerte de todas las variedades acuáticas, representando un problema económico para la clase trabajadora que se dedica a la pesca, pues sus fuentes de trabajo son lentamente mermadas hasta la desaparición total, creando desempleo y ciudades fantasma.

Las áreas de cultivo también son afectadas al ser regadas con agua contaminada, todas las variedades de cultivos se ven afectadas y disminuidas, así como la productividad, por determinados contaminantes que continúan presentes después que esta agua ha sido absorbida por las plantas, tal es el caso de metales pesados y bacterias patógenas; el problema de la tierra de cultivo no termina ahí, pues también existen contaminantes perjudiciales para estos campos, tales como los carbonatos, silicatos, boratos, cloruros y derivados petroquímicos que dan como resultado una tierra árida, dura, seca, salitrosa y poco cultivable.

Un problema que hasta el momento no se ha podido resolver es el de los herbicidas e insecticidas que acarrea el agua de una región a otra, ya que este tipo de compuestos es específico para cada lugar, originando así molestias en lugares donde los habitantes tienen que tener cuidado con ellos, ya que son sustancias con degradación muy lenta.

Casos alarmantes se han registrado en algunas regiones del mundo debido a la contaminación del agua. La vida del ser humano como objetivo principal de la creación, se ha visto amenazada con el aumento de población y la escasez de agua.

Teniendo estos problemas presentes se generan otros a partir de ellos, uno de gran importancia es el aspecto estético, entendiendo por esta denominación como un lugar donde hay olores fétidos, causados por agua con gran cantidad de materia orgánica en estado de descomposición, que es cuando se originan olores característicos de pantano, los cuales contienen metano, sulfuros, amoníaco y bióxido de carbono, el panorama cambia y se transforma en repugnante.

Generalmente no se dan cuenta del problema hasta que alguna persona es afectada, ya que difícilmente se ocupa agua contaminada, no importando el uso que le vaya a dar.

Un ejemplo realista y alarmante se registra en el río - Coahuacalcos, donde autoridades e iniciativa privada hacen es---

fuerzos por tratar de solucionar el problema, ya que los efectos-- que está produciendo la contaminación son alarmantes, por un lado-- la pesca se ha reducido en más de un 40% de lo normal y las industrias que de ahí toman agua para su abastecimiento tienen problemas, pues la calidad del agua en algunas regiones es deplorable.

La industria cervecera no es la excepción en cuanto a -- contaminadora, además tiene la característica de que emplea grandes cantidades de agua para su proceso, tomando en cuenta que no -- solo esta industria descarga sus efluentes ya sea en el alcantari-- llado municipal o ríos, sino que también otras industrias descar-- gan sus efluentes a él, dando como resultado una corriente sumamen-- te contaminada y que de alguna manera provocará problemas ecológi-- cos y socio-económicos.

El agua es considerada como un recurso natural renova -- ble, pero su capacidad de regenerarse a un estado aceptable de pu-- reza para cualquier uso, está en función directa del tipo y concen-- tración de contaminantes que se encuentren presentes, estas varia-- bles darán la pauta a seguir para elegir un determinado tratamien-- to al agua, así como su calidad y cantidad que sea requerida para-- el uso siguiente que se le dé.

El deterioro en la calidad de los diferentes cuerpos de-- agua, en consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento -- de las aguas residuales de cualquier índole, llega en casos muy --

críticos a causar la muerte.

Los diferentes tipos de contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, pueden ser clasificados como sigue:

- 1.- Sustancias orgánicas
- 2.- Organismos microbianos
- 3.- Sustancias radioactivas
- 4.- Sustancias inorgánicas
- 5.- Contaminación térmica

Los tipos de tratamiento para el agua contaminada se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Tratamiento preliminar o preparatorio:

- 1.- Cribado
- 2.- Desmenuzadores
- 3.- Desarenadores
- 4.- Preaeración

- Tratamiento primario

- 1.- Sedimentación

- 2.- Tanques sépticos
  - 3.- Tanques de doble acción
  - 4.- Tanques Imhoff
  - 5.- Mezclado
  - 6.- Flocculación
  - 7.- Flotación
- Tratamiento secundario
- 1.- Lodos activados: aireación y clarificación
  - 2.- Filtros percoladores
  - 3.- Nitrificación y desnitrificación
  - 4.- Coagulación y sedimentación
  - 5.- Lagunas de estabilización
  - 6.- Lagunas facultativas
- Tratamiento terciario
- 1.- Carbón activado
  - 2.- Intercambio iónico

- 3.- Filtros de arena
- 4.- Filtros de membrana
- 5.- Cloración

De acuerdo a las características de las aguas residuales de la industria cervecera, se proyectará la mejor combinación de los sistemas de tratamiento.

Por otro lado, la acción normativa en materia de recursos hidráulicos, tiene su origen en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del año de 1917; en particular al establecer que el agua es propiedad de la Nación y que, por lo mismo, el estado es el único facultado para regular su uso, aprovechamiento, explotación y distribución equitativa. De las disposiciones constitucionales se han derivado una serie de leyes reglamentarias que han constituido, en su tiempo, la base jurídica para el manejo de las aguas nacionales.

La ley de irrigación con aguas federales de 1926 constituye el punto de partida para la acción normativa en el manejo del agua. En 1934 se expidió la ley de aguas de propiedad nacional. En 1946 se publicó la ley de riegos. La ley federal de ingeniería sanitaria en 1947.

La ley de cooperación para dotación de agua potable a los municipios en 1956. La ley reglamentaria en materia de aguas del subsuelo en 1956.

Debido a la diversidad de leyes y reglamentos que privaban en la materia, se consideró de urgente necesidad unificarlos en un solo ordenamiento, más dinámico, operante, aplicable a la realidad y con previsión a los problemas que tendrán que afrontarse. De esta manera, el 30 de diciembre de 1971, se expidió la Ley Federal de Aguas, cuyo objetivo primordial es el de regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales.

En 1973 se publicó el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. Entrando en vigor el 28 de marzo de 1973.

Los dos últimos ordenamientos proporcionan los lineamientos que orientan la acción del gobierno en materia de agua. Dado que se definen los sistemas usuarios del agua como agrupaciones de personas o instituciones que utilizan el recurso de acuerdo con una cierta estructura económica, social y política, empleando ciertas tecnologías específicas para cada sistema.

La última modificación realizada en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas fue hecha el 1º de julio de 1975.

Se define como aguas residuales, al líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo, esta haya sufrido degradación en su calidad original.

De acuerdo con el Art. 7º del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas, tienen obligación de registrar la descarga de agua residual, el o los propietarios, encargados o representantes de establecimientos, servicios o instalaciones, públicos o privados, que originen o motiven una descarga de agua residual, en todos los casos serán notificados de ---- acuerdo al reglamento citado.

De acuerdo con el Art. 10º del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, los responsables tendrán un plazo de seis meses para registrar las descargas existentes.

Toda nueva descarga tiene un plazo de cuatro meses para registrarse, a partir de la fecha de inicio de dicha descarga.

El Art. 13º es el que especifica los valores máximos -- permitidos en las descargas, el cual se encuentra en la tabla #1.

ESPECIFICACION	VALOR
Sólidos sedimentables	1.0 ml./l
Grasas y aceites	70. mg./l
Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm. de claro libre-cuadrado.

ESPECIFICACION	VALOR
Temperatura	35° C
Potencial de hidrógeno	4.5 - 10

Tabla # 1  
Máximos tolerables

En el mismo reglamento existen medidas de orientación y educación, así como vigilancia e inspección, sanciones y demás procedimientos jurídicos.

Teniendo en cuenta, que de conformidad con el Art. 10° del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, el plazo que de acuerdo con las diversas prórrogas concedidas por esta Secretaría, venció el día 2 de agosto de 1974. Las descargas de aguas residuales que fueron registradas antes de este plazo, se tuvieron que ajustar de acuerdo a los parámetros de la tabla del artículo 13°. Para nuevas descargas registradas después del día 2 de agosto de 1974, quedaron sujetas al Art. 24° de dicho reglamento; este artículo se apoya en el Art. 23° que dice:

Artículo 23°:

Las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Salubridad y Asistencia, realizarán los estudios de los cuerpos receptores a que se refiere este reglamento, a fin de clasificar -

los aguas en función de sus usos, conocer su capacidad de asimilación y de dilución, así como para señalar las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales.

**Artículo 24º:**

Con base en el dictamen que emita la Secretaría de Salubridad y Asistencia y en los estudios a que se refiere el artículo anterior, de una cuenca o región, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos fijará las condiciones particulares de las -- descargas de aguas residuales, de acuerdo con la clasificación del agua del cuerpo receptor, su volumen o gasto y las tolerancias fijadas en la siguiente tabla.

TABLA # 1 - A

Clasificación de las aguas de los cuerpos receptores superficiales en función de sus usos y características de calidad

Clase Usos	pH	Tempe- ratura	O.D.	Bacterias Coliformes NMP Orga- nismos/100 ml	Grasas y Aceites	Sólidos Disueltos	Turbie- dad	Olor y Sabor	Nutrien- tes *	Materia flotan- te	Substancias Tóxicas
		°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	U.T.J.	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo
D II		6.0 a 9.0	C.N. mas 2.5	4.0	1.0	No mayor de 2,000	C.N.	C.N.	**	Ausente	***

Anexo de la tabla # 1-A.

pH	=	Potencial hidrógeno
O.D.	=	Oxígeno disuelto
N.M.P.	=	Número más probable
U.T.J.	=	Unidades de turbiedad Jackson
mg/l	=	Miligramos por litro
C.N.	=	Condiciones naturales
°C	=	Grados centígrados
*	=	Nitrógeno y fósforo
**	=	No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
***	=	El criterio con respecto a sustancias tóxicas es el siguiente:

Ninguna sustancia tóxica sola o en combinación con otras estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuada para el uso específico a que se destine.

A continuación se presentan los valores máximos permisibles de sustancias tóxicas en los cuerpos receptores, que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Límite máximo en miligramos por litro.(ppm).

Arsénico	1.00
Bario	5.00
Cadmio	0.01
Cobre	0.1
Cromo hexavalente	0.1
Mercurio	0.01
Plomo	0.10
Selenio	0.05
Cianuro	0.02
Fenoles	1.00
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes).	3.0

### CAPITULO III

#### DESCRIPCION DE LA INDUSTRIA CERVECERA EN MEXICO

En la República Mexicana existen 18 fábricas de cerveza que se encuentran ubicadas de la siguiente manera:

ESTADO	No. de ESTABLECIMIENTOS
Baja California Norte	2
Coahuila	1
Chihuahua	1
Distrito Federal	2
Jalisco	3
México	1
Nuevo León	2
Sinaloa	2
Sonora	1
Veracruz	2
Yucatán	1

No obstante que en 1971-1972 dejó de operar una planta en Durango, las 18 que han quedado son suficientes para cubrir la demanda del país.

La industria cervecera puede considerarse como tradicio

nalista y su carácter en cuanto a propiedad es 100% de tipo privado.

La producción y consumo de cerveza en el país durante los años de 1970 a 1976 se encuentran anotados en la tabla # 2.

AÑO	HECTOLITROS PRODUCIDOS	HECTOLITROS CONSUMIDOS	HECTOLITROS NO VENDIDOS
1970	14 600 367	14 336 969	263 398
1971	12 734 872	12 453 307	281 565
1972	14 940 601	14 672 104	268 497
1973	17 500 557	17 019 823	480 734
1974	19 830 653	19 180 748	649 905
1975	19 865 143	19 372 859	492 285
1976	19 555 691	18 941 055	614 636

Tabla # 2

Producción de cerveza de 1970 a 1976

Para estadísticas, el crecimiento de la industria cervecera fue irregular, motivado por causas económicas internas y externas. En la gráfica No. 1 se manifiesta el crecimiento de esta industria.

En la gráfica No. 2 se exponen las principales causas a las que se atribuyen una baja en el volumen de ventas, haciéndose notar la situación económica por la que pasa el país; no obstante se espera una recuperación.

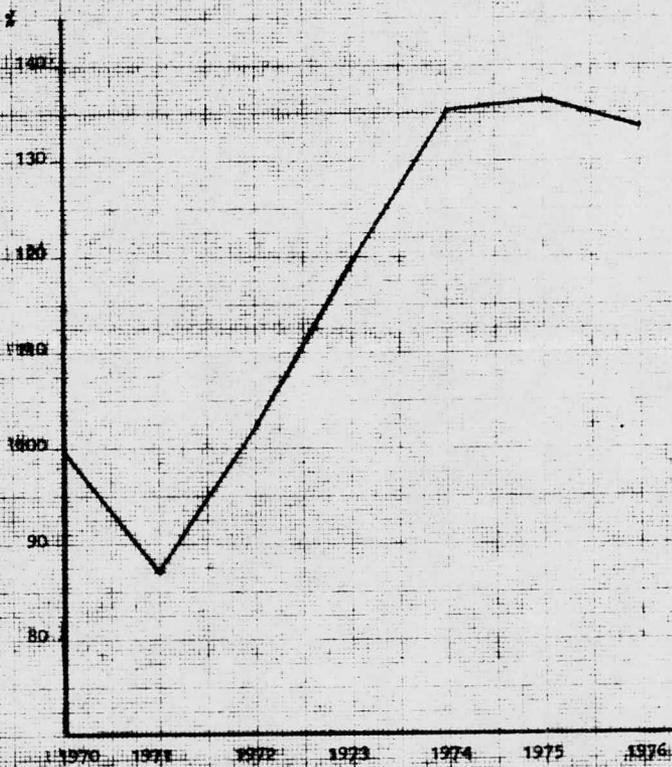
Las industrias cerveceras tuvieron cambios de posición en la lista donde son mencionadas las compañías con las mejores utilidades en la República Mexicana, en la tabla No. 3 se dan las posiciones que ocuparon.

COMPAÑIA	LUGAR	AÑO		
		1972	1974	1975
CERVECERIA CUAUHTEMOC	LUGAR	3	4	6
CERVECERIA NOCTEZUMA	LUGAR	8	13	14
CERVECERIA MODELO	LUGAR	12	16	15

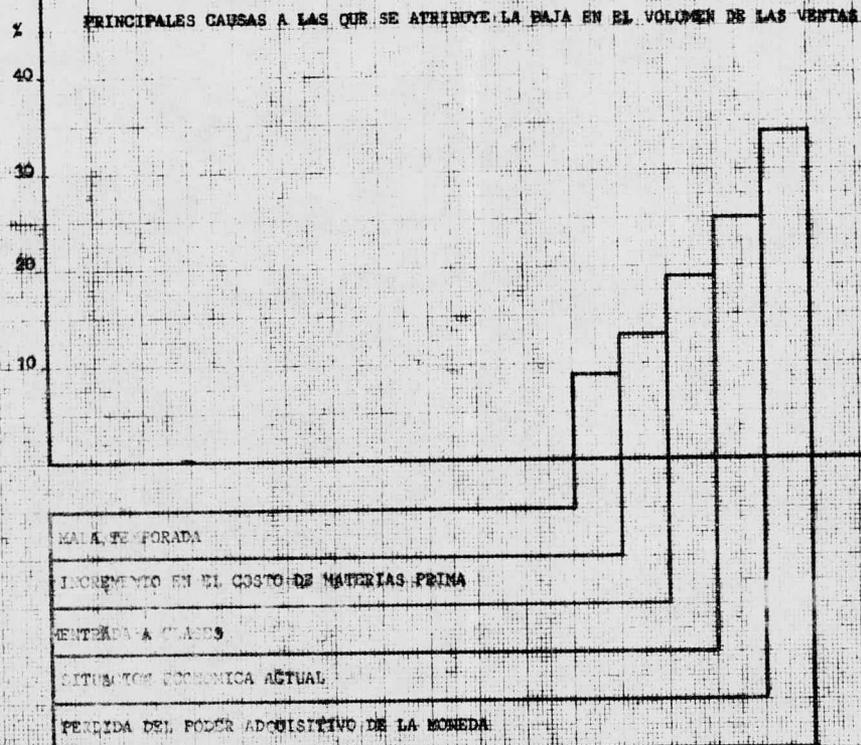
Tabla # 3

Posiciones de las compañías con las mejores utilidades

PRODUCCION DE CERVEZA EN EL PAIS TOMANDO COMO BASE EL AÑO DE 1970



GRAFICA No. 1



GRAFICA No. 2

El crecimiento de la industria cervecera es considerado lento, pero seguro, la perspectiva es favorable en todos los renglones (inversión, ventas, personal ocupado, etc.). Es importante hacer notar que la cerveza es un producto de precio bajo en México comparado con el de otras partes del mundo, y que su venta está ligada a factores socio-económicos, costumbres de la región, a la temporada y a la publicidad. La cerveza es considerada como un artículo de segunda necesidad, así como bebida alcohólica de moderación.

En la tabla # 4 se presentan las cantidades y procedencia del lúpulo para la elaboración de cerveza en los años de 1971 a 1973.

PROCEDENCIA	1971	1972	1973
	Ton	Ton	Ton
E.U.A.	826	858	893
Europa	63	81	80

Tabla # 4

#### Consumo de lúpulo por la industria cervecera

En la tabla # 5 se presentan las cantidades y procedencia de la malta para la elaboración de cerveza en los años de 1971 a 1973.

PROCEDENCIA	1971	1972	1973
	Ton	Ton	Ton
Del país	135 914	164 379	193 080
Importada	1 579	2 178	1 472

Tabla # 5

Consumo de malta por la industria cervecera

En la tabla # 6 se presenta la cantidad de cerveza exportada.

AÑOS	Total de litros exportados
1970	3 222 265
1971	4 515 718
1972	5 646 508
1973	7 765 200
1974	11 355 900

Tabla # 6

Total de litros exportados

México ocupa el 24º lugar en lo que se refiere al consumo de cerveza en el mundo, dando un consumo per - cápita de 33 litros, al año.

En la tabla # 7 se anota la producción comparativa de -- cerveza en los distintos Estados de la República.

ENTIDAD	1973
Baja California Norte	83 506
Coahuila	13 453
Chihuahua	24 572
Distrito Federal	589 333
Jalisco	201 450
México	86 173
Nuevo León	206 301
Sinaloa	56 973
Sonora	24 595
Veracruz	437 263
Yucatán	26 437

( MILES DE LITROS)

Tabla # 7

Producción de cerveza en los distintos estados

En las siguientes tablas se dan los más importantes datos socio - económicos de la industria cervecera, los cuales aparecen en el siguiente orden, ( Tablas de número 8 al número 12 ), referidas al año de 1970.

8.- Principales características por clase de actividad y entidad federativa.

9.- Principales características por clase de actividad y grupo de personal ocupado.

10.- Personal ocupado el 31 de diciembre de 1969 y 1970. Promedio de días trabajados en 1970, por grupo y clase de actividad.

11.- Valor, ventas y existencias de productos elaborados y compra - venta de mercancías, por grupo y clase de actividad.

12.- Existencias el 31 de diciembre de 1969 y de 1970 y - variación total por grupo y clase de actividad.

Tabla # 8

PRINCIPALES CARACTERISTICAS POR CLASE DE ACTIVIDAD

Y GRUPO DE LA PRODUCCION BRUTA TOTAL

Datos Referentes a 1970

Clase de actividad y -- grupo de la producción bruta total (Millares de Pesos)	Número de estableci-- mientos censados	Personal ocu- pado Total (Promedio)	Remunera- ciones tota- les al per- sonal ocupado	Capital	Activos	Inversión	Producción	Materias	Otros Insu- mos	Valor agre-
				Invertido NETO al 31 de diciembre	Fijos BRUTOS	Fija Bruta	Bruta Total	primas y auxiliares consumidas		gado agre- gacional Bruto
Millares de Pesos										
Fáb. de Malta	9	980	32 564	538 392	312 912	13 346	521 106	315 858	38 742	166 506
5 001 A 10 000	3	101	3 029	15 545	13 186	846	22 885	10 457	3 774	8 654
10 001 A 75 000	3	309	8 423	141 907	63 061	-1 103	155 890	105 519	8 789	41 582
75 001 A 150 000	3	570	21 112	380 940	236 665	13 603	342 331	199 882	26 179	116 270
Fáb. de Cerveza	19	11 177	467 192	3 332 647	2 451 276	161 119	3 944 575	642 254	1 722 006	1 580 315
10 001 A 35 000	4	648	20 173	138 214	101 511	620	82 090	14 057	24 945	43 088
35 001 A 75 000	5	1 709	46 865	285 013	227 814	34 024	295 361	41 513	89 610	164 238
75 001 A 150 000	4	1 233	30 833	481 827	467 415	54 283	443 762	83 732	129 970	230 060
150 001 A Más	6	7 587	369 321	2 427 593	1 654 536	72 192	3 123 362	502 952	1 477 481	1 142 929

Tabla # 9

PRINCIPALES CARACTERISTICAS POR CLASE DE ACTIVIDAD

POR GRUPO DE PERSONAL OCUPADO

Datos Referentes a 1970

Clase de actividad y -- grupo de personal ocu- pado.	Número de estableci- mientos censados	Personal ocu- pado Total (Promedio)	Remunera- ciones tota- les al per- sonal ocupado	Capital Invertido NETO al 31 de diciembre	Activos Fijos BRUTOS	Inversión Fija Bruta	Producción Bruta Total	Materias primas y auxiliares consumidas	Otros Insu- mos	Valor agre- gado censal Bruto	Millares de Pesos	
Fáb. de Malta	9	980	32 564	538 392	312 912	13 346	521 106	315 858	38 742	166 506		
Con personal remunerado	9	980	32 564	538 392	312 912	13 346	521 106	315 858	38 742	166 506		
De 6 A 50 personas	3	54	2 355	13 605	14 542	212	30 693	18 058	2 762	9 873		
De 51 A 250 personas	6	926	30 209	524 787	298 370	13 134	490 413	297 800	35 980	156 633		
Fáb. de Cerveza	19	11 177	467 192	3 332 647	2 451 276	161 119	3 944 575	642 254	1 722 006	1 580 315		
Con personal remunerado	19	11 177	467 192	3 332 647	2 451 276	161 119	3 944 575	642 254	1 722 006	1 580 315		
De 76 A 175 personas	5	667	20 792	206 395	177 886	14 419	177 070	28 766	47 283	101 021		
De 176 A 350 personas	6	1 544	51 618	420 698	443 031	18 962	800 667	101 965	216 055	482 647		
De 351 A 500 personas	3	1 174	27 833	437 808	385 134	53 370	297 719	65 682	105 057	126 980		
De 501 Y más personas	5	7 792	366 949	2 267 746	1 445 225	74 368	2 669 119	445 841	1 353 611	869 667		

Tabla # 10

PERSONAL OCUPADO EL 31 DE DICIEMBRE DE 1969 Y 1970  
 PROMEDIO DE DIAS TRABAJADOS EN 1970, POR GRUPO Y CLASE DE ACTIVIDAD

Clase de Actividad	Número de es- tablecimientos censados	PERSONAL				OCUPADO				Promedio de días trabaja- dos en 1970
		El 31 de diciembre 1969		El 31 de diciembre 1970		El 31 de diciembre 1969		El 31 de diciembre 1970		
		TOTAL	Obreros	Empleados	Personas que trabajan sin recibir suel- do o salario	TOTAL	Obreros	Empleados	Personas que trabajan sin recibir suel- do o salario	
Fáb. de Malta	9	1 003	636	360	7	949	652	290	7	330
Fáb. de Cerveza	19	10 862	7 547	3 308	7	11 475	8 356	3 112	7	303

Tabla # 11

PRINCIPALES CARACTERISTICAS POR CLASE DE ACTIVIDAD

Y NUMERO DE PERSONAS OCUPADAS

Datos Referentes a 1970

Clase de actividad y número de personas ocupadas	Número de establecimientos censados	Personal ocupado Total (Promedio)	Remuneraciones totales al personal ocupado	Capital	Activos	Inversión	Produc-	Materias	Otros	Valor
				Invertido	Fijos	Fija	ción	primas y	Insu-	agregado
				NETO	BRUTOS	Bruta	Bruta	auxiliares	mos	censal
				al 31 de diciembre		Total	Total	consumidas	Bruto	
				Millares de		Pesos				
Fáb. de Malta	9	980	32 564	538 392	312 912	13 346	521 105	315 858	38 742	160 506
con 6 y más personas	9	980	32 564	538 392	312 912	13 346	521 106	315 858	38 742	156 506
Fáb. de Cerveza	19	11 177	467 192	3 332 647	2 451 276	161 119	3 944 575	642 254	1 722 006	1 580 315
con 6 y más personas	19	11 177	467 192	3 332 647	2 451 276	161 119	3 944 575	642 254	1 722 006	1 580 315

Tabla # 12

EXISTENCIAS AL 31 DE DICIEMBRE DE 1969 Y DE 1970  
Y VARIACION TOTAL, POR GRUPO Y CLASE DE ACTIVIDAD

Número de es- tablishmentos censados	Existencias al 31 de Diciembre de 1969			Existencias al 31 de Diciembre de 1970			Variación (1) total de existencias			
	TOTAL	De productos elaborados	De productos en proceso	O t r a s	TOTAL	De produc- tos elabo- rados		De produc- tos en pro- ceso	O t r a s	
	MILLARES	DE	PESOS							
Fáb. de Malta	9	270 467	113 483	1 619	155 365	250 359	116 326	1 325	132 708	-20 108
Fáb. de Cerveza	19	440 894	26 608	56 751	357 535	494 216	63 001	61 803	369 412	53 322

INSUMOS POR GRUPO Y CLASE DE ACTIVIDAD

Datos Referentes a 1970

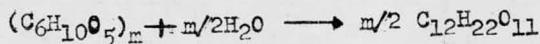
Grupo y Clase de Acti- vidad	Número de es- tablishmentos censados	I N S U M O S									
		TOTAL	Materias pri- mas y auxilia- res consumidas	Envases y empaques consumidos	Combusti- bles y lub. consumidos	Refac- ciones consumi- das	Energía, eléctri- ca com- prada	Gros. de maqui- la y p. trabajos realizados p. 3 <sup>as</sup> en sus domicilios	Pagos a 3 <sup>as</sup> p. serv. de propaganda y Pub.	Pagos a 3 <sup>as</sup> p. concepto de comisio- nes	Otros Gastos
		MILLARES	DE	PESOS							
Fáb. de Malta	9	354 600	315 858	2 870	2 354	4 272	4 724	25	333	3 514	20 650
Fáb. de Cerveza	19	2 364 260	642 254	489 825	16 094	87 709	17 841	8 751	176 488	169 409	755 889

CAPITULO IV  
DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

La cerveza, producto final del proceso de fabricación, es en esencia una solución acuosa carbónica con cantidades variables de alcohol, azúcares no fermentados y dextrinas, sustancias protéicas y componentes aromáticos derivados de la malta, el lúpulo y la levadura empleados en su preparación; como componentes secundarios, contienen sales inorgánicas, subproductos metabólicos de la levadura, vitaminas, indicios de hierro y cobre y materias extractivas vegetales menos conocidas.

La cerveza es un producto coloidal, por consiguiente, es sensible a los cambios en la manera de producirla.

La materia prima principal para la fabricación de cerveza es el almidón. Es necesario convertir este almidón en azúcares porque la levadura ordinaria no puede utilizarlo. En la fermentación de los azúcares por la levadura forman alcohol y bióxido de carbono, el almidón es convertido en azúcares por procedimientos bioquímicos enzimáticos. Al germinar las semillas de diversas plantas, se desarrollan en gran cantidad enzimas amolíticas (amilasa), que tienen la propiedad de digerir el almidón y convertirlo en maltosa.



① Se conoce como malta a los granos germinados cuya germinación se ha detenido en sus comienzos, aunque pueden maltearse - diversas especies de granos; suele entenderse por malta de cebada que aporta casi todos los componentes protéicos solubles de la -- cerveza que dan estabilidad a la espuma.

El lúpulo se emplea para dar a la cerveza su sabor amargo característico y aroma agradable, solo se utilizan las flores-femeninas que están agrupadas en conos, los cuales se recolectan-no fecundados y maduros, el componente más útil del lúpulo es el "lupolino" sustancia resinosa (ácido - lupulínico),  $C_{21} H_{30} O_5$  y el (ácido - lupulínico)  $C_{26} H_{38} O_4$ .

El lúpulo es un polvo resinoso, que se oxida muy fácilmente, perdiendo sus propiedades.

Las materias auxiliares tienen importancia por su almidón, que son una fuente de alcohol, lo mismo que el almidón de la cebada, contribuyen un poco al sabor, color, aroma y contenido de aceite, pueden enranciarse y producir olores y sabores desagradables, un ejemplo es el maíz en grano el cual no se emplea para fabricar cerveza, pero derivados del maíz de los cuales se ha extraído la mayor parte del aceite, son los auxiliares más importantes tal es el caso de la sémola refinada. Otros auxiliares pueden ser el arroz, sémola de milo ( sorgo ) y harina de mandioca.

Existen dos tipos de cerveza, la de fermentación baja y

La de fermentación alta, nombres que derivan del tipo de levadura empleado. Después de la fermentación la levadura flota en la superficie del líquido, a esta se le denomina levadura alta.

En el otro caso, cuando se ha terminado la fermentación la levadura se va al fondo del tanque de fermentación, formando un sedimento.

En México se produce la cerveza tipo "lager", que es la del tipo de fermentación baja. El término alemán "lager" significa almacen y se aplica a las cervezas cuya fermentación se completa lentamente, teniendo el caldo varios días en la bodega.

El sabor que proporcionan las levaduras altas y bajas es distinto, algunas levaduras floculan más fácilmente y empiezan a depositarse a medida que aumenta el grado de alcohol, hacia el final de la fermentación. El caso contrario es con las levaduras altas.

En la industria cervecera se tienen los siguientes términos que son los más comunmente empleados:

✓ Braceado.- Es la operación para convertir la amilacea en glucosa.

✓ Burtonizar.- Adición de  $\text{Ca}(\text{SO}_4)$  al agua que se usa para la elaboración de la cerveza.

✓ Incercar.- Operación en la que se lleva a cabo la extrae

ción de las sustancias solubles de los granos de malta.

**Mosto.** - Caldo fermentable producido con malta e ingredientes auxiliares.

**Sacarificación.** - Es el proceso de convertir malta y los ingredientes auxiliares en un caldo fermentable.

Los métodos tradicionales de fabricación se establecieron por tanteos sucesivos; pero han sido confirmados en un grado sorprendente por los conocimientos adquiridos después, sobre las diversas reacciones.

El proceso a seguir es el siguiente:

- 1.- Selección de grano
- 2.- Molienda
- 3.- Cocción con vapor
- 4.- Sacarificación
- 5.- Filtración - Prensado - Hornos de secado - Envasado
- 6.- Ebullición con lúpulo
- 7.- Separación del lúpulo y mosto - Filtración
- 8.- Enfriamiento del mosto
- 9.- Fermentación - Lavado de tanques.
- 10.- Reposo
- 11.- Clarificación
- 12.- Filtración
- 13.- Almacenamiento

#### 14.- Envasado

La descripción de cada proceso es el siguiente:

La malta llega a la fábrica de cerveza en granos enteros de cebada, para moler la malta, se emplean molinos especialmente-  
construidos que evitan la subdivisión excesiva de la cascarilla -  
que después ha de ayudar a filtrar el caldo. La malta es exprimida entre rodillos lisos para expulsar el contenido de granos.

La cascarilla se recoge por medio de cribas con agitación y la parte amilácea se vuelve a triturar pasándola por otros dos pares de rodillos.

Los ingredientes auxiliares derivados de cereales se trituran en las molineras con arreglo a las especificaciones de los fabricantes de cerveza, que los reciben listos para emplearlos.

Estos ingredientes auxiliares se introducen en una caldera a una temperatura de  $40^{\circ}$  C con una relación de 27 - 45 Kg. - de cereal, por 117 litros de agua, subiéndose la temperatura a ebullición durante 10 ó 30 minutos.

En otra caldera o cuba de sacarificación se calienta la mayor parte de la malta a  $40^{\circ}$  C, con una relación de 34 - 45 Kg. de malta, por 117 litros de agua, el líquido se agita vigorosamente para que se disuelvan las partes solubles de la malta, dejando reposar la papilla durante media hora, agregandosele el líquido -

hirviente anterior, la rapidez con que se efectúa la mezcla influye en el proceso de conversión, las dos papillas se mezclan en 10 ó 15 minutos y se mantienen a  $68.5^{\circ} - 71^{\circ}\text{C}$  durante media hora para que se produzca la sacarificación, finalmente se estabiliza la mezcla calentando a  $76.7^{\circ} - 79.4^{\circ}\text{C}$  con lo cual casi cesa por completo la actividad enzimática.

En la gráfica No.3 se presenta un diagrama de tiempo contra temperatura de la preparación del mosto.

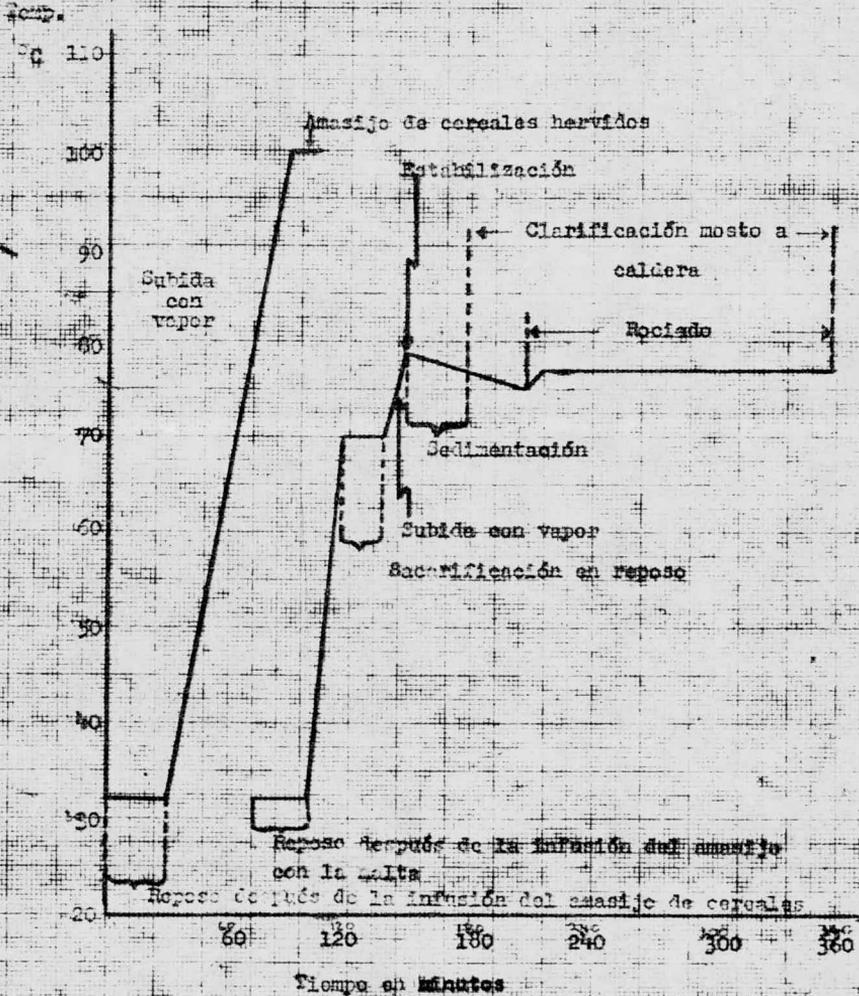
Con respecto a las curvas de la gráfica No.3, la de la izquierda muestra el período de reposo durante la maceración y calentamiento posterior de la masa del cereal.

La curva de la derecha indica el período de reposo después de la maceración para la masa de malta y la elevación de la temperatura en ésta cuando es calentada al bombear la papilla de cereal en la masa de malta.

La malta sacarificada es una suspensión de grano de cerveza en el mosto o caldo azucarado, menos del 10% de la mezcla total es insoluble; pero esos sólidos son tan voluminosos que por decantación solo puede separarse una fracción pequeña del líquido, la masa se traslada desde las tinas a un equipo de filtración; el tipo más sencillo de aparato es la tina lauter, que consiste en un tanque cilíndrico con doble fondo de placas ranuradas sobre las cuales se deposita la masa.

Gráfica No. 3

DIAGRAMA TIEMPO - TEMPERATURA DE LA PREPARACION DEL MOSTO



El primer caldo se saca por abajo de las placas y se -- bombea otra vez dentro de la tina y no se deja correr hacia la -- caldera de fermentación hasta que sale claro. Después que ha escurrido el caldo, los granos contienen todavía el 80% de líquido, del cual se extrae el bagazo con agua caliente, finalmente el --- agua llena todo el lecho de grano y empieza a salir por el doble-fondo. Teniendo en cuenta el agua de riego por el efecto de dilución, es necesario regular la concentración del caldo original de modo que sea aproximadamente 1.5 veces la del porcentaje deseado-de extracto en el caldo original tomado como total.

El mosto es aromatizado hirviéndolo con lúpulo en una - caldera, la cantidad normal de lúpulo empleada es de 1160 a 1933g por cada 1000 litros de agua.

El mosto filtrado procedente de la tina lauter fluye -- por gravedad hasta la caldera donde también se une el caldo más - claro procedente de los riegos, para formar una caldera de mosto, se agrega el lúpulo en la caldera y se hierve con el caldo, cuando ha terminado la ebullición que dura de 30 a 60 minutos se sepa ra el lúpulo del caldo por medio de un colador interpuesto, ya -- que si se evita este paso, la cerveza adquiere un sabor amargo -- persistente, la separación se realiza haciendo pasar el caldo lu pulizado por un colador de fondo ranurado.

El diseño de las instalaciones para enfriar el caldo, -

atiende a los siguientes fines:

- 1.- Airear el caldo
- 2.- Prevenir la contaminación biológica durante el enfriamiento. Son usados enfriadores de placas con flujo a contracorriente, donde el caldo corre por un lado de las láminas, aprovechando una posible filtración.

El caldo procedente de la caldera de ebullición en este estado es bombeado a un tanque en el cual las proteínas floculadas sedimentan después de breve tiempo de reposo, el caldo es decantado por medio de un brazo flotante, por el cual se saca el caldo -- claro de la superficie sin perturbar los floculos depositados en el fondo, el enfriamiento final del caldo es de 8°C.

El sabor característico de las cervezas depende en gran parte del tipo de levadura y la manera de como se elaboran por medio de la fermentación, si bien la composición de la cerveza terminada depende de la preparación del mosto.

Al mosto enfriado se le añade 3.9 g de levadura por cada litro de mosto, desde este momento de siembra, el líquido resultante ya no recibe el nombre de mosto, sino cerveza. La descomposición de un mol de glucosa produce 27 kilocalorías y la levadura -- utiliza 3 kilocalorías para el crecimiento, cediendo así las 24 -- restantes al líquido. A medida que aumenta la fermentación se eleva la temperatura de la cerveza y es necesario enfriar el líquido--

fermentante para evitar el calentamiento excesivo, que cambiaría el sabor característico de la cerveza. Las cervezas se fermentan a temperaturas relativamente bajas, aproximadamente 7°C, se deja subir la temperatura hasta un máximo de 13°C, hasta antes de reducir la fermentación por enfriamiento, a medida que se va agotando el azúcar fermentable, después de haber transcurrido de 6 a 8 días de fermentación se hace descender la temperatura hasta 7°C, cuando se ha terminado la fermentación se enfría a 3°C, con lo cual, la levadura se deposita en el fondo del recipiente, dejando relativamente clara la cerveza. Los primeros signos de fermentación, se producen 16 ó 18 horas después de la inoculación, cuando el líquido queda saturado de gas carbónico y las burbujas ascendentes forman espuma blanca en las paredes del tanque de fermentación, a medida que prosigue la fermentación, desciende el valor del pH y se acerca al punto isoeléctrico de las proteínas, con lo que se coagula una parte de ellas.

Al salir de los fermentadores la "cerveza nueva" ha alcanzado la composición de la cerveza terminada en lo que respecta al contenido de alcohol y carbohidratos. Sin embargo tiene un aspecto turbio, de sabor astringente y poco gas carbónico. El tratamiento para esta cerveza comprende:

- 1.- Clarificación
- 2.- Depuración del gusto y aroma



### 3.- Saturación con gas carbónico

La clarificación empieza con la sedimentación de las materias gruesas en suspensión, como la levadura y las resinas del lúpulo y sigue con la eliminación de los coloides inestables de -- proteínas de gran peso molecular.

La purificación o envejecimiento de la cerveza se alcanza con el proceso de clarificación, ya que el sabor amargo astringente de la cerveza nueva se debe a las partículas de levadura y lúpulo en suspensión.

Sin embargo, la cerveza tiene un sabor y un aroma que no se deben a las materias en suspensión. Durante el envejecimiento posterior a baja temperatura, se produce una modificación lenta -- del sabor y del aroma.

La carbonatación con anhídrido carbónico da a la cerveza su aspecto espumoso, además del sabor por la sensación picante de las minúsculas burbujas en la lengua. La cerveza sin gas es más -- amarga, con olor poco agradable, la carbonatación es llevada a cabo por inyección de gas carbónico, primero se clarifica la cerveza por sedimentación a baja temperatura, seguida por filtración, y -- después la carbonatación, se necesitan 1.93 Kg de anhídrido carbónico por cada 100 litros de cerveza, esto se lleva a cabo inyectando el gas mientras la cerveza es bombeada desde el primer tanque -- de almacenamiento ( sedimentación ) al segundo tanque de almace-

miento (envejecimiento).

El anhídrido carbónico se inyecta dispersado finamente y se mezcla íntimamente con la cerveza por medio de una válvula de - aguja colocada en un brazo de carbonatación.

El almacenamiento es la sedimentación a baja temperatura con el fin de separar de la cerveza nueva las materias en suspen- sión. El líquido claro se decanta y se enfría a 0° C, mientras se bombea el tanque de almacenamiento. La sedimentación se produce en una o dos semanas, pasando a filtros que son de tierras diatomá- ceas y por último con filtros de pulpa hechos con tortas de fibra- de algodón que están comprimidas.①

Es necesario estabilizar las proteínas de alto peso mole- cular, con el fin de que no se enturbie la cerveza cuando se en- frie, sin que por ello deje de producir espuma, aunado a esto la - necesidad de pasteurizar la cerveza con el fin de hacerla biológica- mente estable. El calentamiento de la cerveza a una temperatura de 60° C durante 10 ó 15 minutos produce cierta oxidación de las pro- teínas, por el aire presente, dando como resultado cierta coagula- ción y turbiedad.

El segundo almacenamiento o de acabado es simplemente un período de envejecimiento durante el cual se acaba de mejorar el - gusto de la cerveza y se estabiliza, en este período la cerveza -- tarda de 2 a 3 semanas.

De aquí pasa por los tanques de gobierno , que están --  
cuantificando la cantidad elaborada, los tanques que hay en esta -  
bodega sirven como depósito intermedio, desde donde es trasladada-  
la cerveza a las diferentes máquinas llenadoras por presión del --  
anhídrido carbónico.

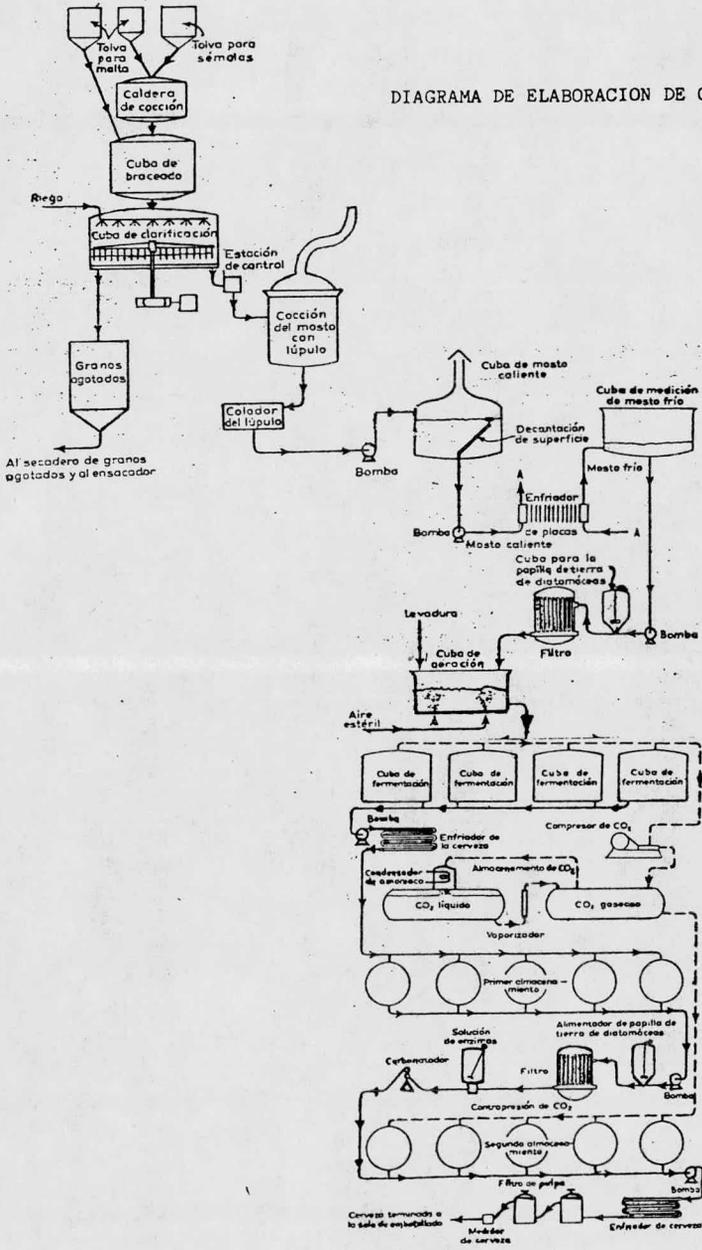
Las botellas devueltas, juntamente con las nuevas, en---  
tran en un aparato de limpieza. Las botellas pasan a lo largo de -  
unas filas de tanques con soluciones cáusticas de concentración y-  
temperatura crecientes y luego salen a una mesa de enjuague, ahí -  
son lavadas por dentro y por fuera con agua clara. Las reglas sani-  
tarias prescriben que tanto las botellas devueltas como las nuevas  
permanezcan de 10 a 15 minutos en la solución cáustica de una con-  
centración no inferior a un 3% y una temperatura de 75° C. Después  
de efectuarse esta operación las botellas pasan a un aparato llena-  
dor rotatorio puesto bajo presión, concentrándolas en un tanque --  
que se encuentra en el centro de la máquina y que también contiene  
cerveza. Igualada la presión, la cerveza pasa por gravedad desde -  
el fondo del tanque central a presión al interior de las botellas.  
 Toda la operación se realiza en 10 ó 15 segundos, moviéndose la --  
botella durante este tiempo en la periferia de la máquina llenado-  
ra, una vez que está llena, se quita la presión y la botella pasa-  
a la máquina cerradora, donde el cierre con una corcholata esta re-  
gulado, de modo que la espuma ascendente expulsa la mayor parte --  
del aire que queda en el hueco del cuello de la botella.

Las botellas cerradas pasan a un pasteurizador, que normalmente consiste en una banda ancha móvil, sobre la cual permanecen las botellas mientras llueve sobre ellas agua caliente. El agua caliente se hace circular una y otra vez por medio de bombas y el intercambio de calor está regulado entre el extremo delantero y el extremo trasero del pasteurizador, de modo que las botellas se calientan aproximadamente a 60° C con un gasto mínimo de calor.

Después de esta operación se les pone la etiqueta y se empacan en cajas.

En el siguiente diagrama de bloques se expondrán los procesos que se realizan para la elaboración de cerveza.

## DIAGRAMA DE ELABORACION DE CERVEZA



## CAPITULO V

### USO DEL AGUA

La naturaleza del agua empleada para preparar la cerveza fue objeto de mucha atención en el pasado y se llegó a decir que el éxito de la fabricación de cerveza dependía de la adecuada calidad del agua empleada. Los fabricantes modernos de cerveza reconocen la importancia del contenido mineral del agua en la elaboración de cerveza, pero comprenden la posibilidad de ajustar el agua al proceso que satisfaga todos los requisitos de una agua potable según el contenido mineral de ésta. El pH, es de la mayor importancia para las reacciones bioquímicas que se verifican durante la fabricación.

Los procesos en los cuales se emplea agua para la elaboración de cerveza son:

- 1.- Cocción de los cereales
- 2.- Sacarificación
- 3.- Separación de lúpulo y mosto
- 4.- Lavado de tanques de fermentación
- 5.- Filtración
- 6.- Envasado

En cada una de estas operaciones se toma en cuenta el lavado del equipo que se está empleando, cuando la cantidad de agua es muy grande (punto número 4), es tomado en cuenta por se--

parado, a continuación se detallan cada uno de los procesos, especificando la calidad del agua requerida.

### [Cocción de los cereales y sacarificación.]

En todos los pasos de la fabricación hay disminución -- del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en -- parte este cambio. Las aguas duras, con una cantidad excesiva de bicarbonatos, pueden producir en la cerveza un sabor amargo persistente y desagradable. Pueden hacerse pequeños ajustes de la dureza del agua añadiendo yeso o simplemente ácido a la malta remojada, pero no es común corregir la dureza del agua empleada por -- las fábricas de cerveza. Sin embargo, pueden precipitarse los bicarbonatos con agua de cal. El agua empleada para la fabricación de cerveza no se ablanda como el agua para las calderas de vapor, por intercambio de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  por  $\text{Na}^{+}$ , porque después de este cambio el sistema regulador del pH subsiste, y el tratamiento no ejerce ningún efecto en la regulación del pH durante el braceado. La influencia del contenido mineral del agua sobre el -- pH es de importancia primordial durante la fabricación, y algunos componentes minerales ejercen una influencia específica, como la influencia estabilizadora de los iones del caldo sobre la malta.

Los iones calcio reaccionan también con los fosfatos -- orgánicos e inorgánicos de la malta y son precipitados como fosfa

to de calcio. El resultado es la acidificación del calcio, si este se halla en forma de sulfato.

El ion magnesio produce el mismo efecto, pero en grado menor. La mayoría de los demás iones, como los cloruros, sulfatos, sodio y potasio, no tienen otro efecto en la cerveza que su influencia directa en el sabor. Para la elaboración de cerveza oscura con sabor amargo no es necesario eliminar la dureza del agua (solamente que ésta sea excesiva), pues una de las propiedades de la malta oscura es su acidez y contenido de aminoácidos, favoreciendo así una buena fermentación.

En realidad a menudo se añade cloruro de sodio a la cerveza para que los caracteres de sabor se ligen más armoniosamente. Un exceso de silicatos o de hierro perjudican a la cerveza im partiéndole un sabor amargo.

Se estiman necesarios 117 litros de agua para 27 ó 45Kg de cereal; de 34 a 45 Kg de malta se cuecen con una cantidad de 117 litros de agua, ésta debe presentar características tales como: una dureza baja, ya que de otra manera las incrustaciones tanto en equipo, como en el sabor, influyen de una manera importante. El contenido de sólidos tiene importancia en el sentido de -- que pueden obstruir el dren en los pasos de filtración.

## Separación del lúpulo y mosto

El mosto es aromatizado hirviéndolo con lúpulo en una caldera. Esta caldera y todo el resto del equipo que entra en contacto con el mosto lupulizado o con la cerveza, se hacen de cobre o de acero inoxidable, pues el hierro perjudica a la estabilidad y al sabor de la cerveza. El mosto llega hasta la caldera y se pone en ebullición. [La cantidad normal de lúpulo empleada es de --- 1,160 a 1,933 g por 1,000 litros.]

En este proceso el caldo tiene un pH de 6, después de la ebullición hay que separar el mosto; para este proceso el agua debe de tener un bajo contenido de bicarbonatos y un alto contenido de sulfatos, esto se logra añadiendo sulfato de calcio hasta alcanzar 220 ppm en el agua. Nuevamente se lava el equipo lo mejor posible, pues una contaminación por encontrarse este sucio sería detectada hasta que se volviera a utilizar.

## Lavado de tanques de fermentación

Son mayores las posibilidades de contaminación por las superficies de los aparatos y las tuberías de la instalación, por que permanecen húmedas y permiten la multiplicación de los microorganismos, de modo que cada germen que quede después de la limpieza puede proliferar y convertirse en millones. Es imposible dar una cifra de instalación; pero el número total de microbios -

en el mosto enfriado, antes de la inoculación del mismo con levadura, puede ser aproximadamente de 100 por mililitro cuando la -- limpieza es muy buena y 1,000 por mililitro para las condiciones -- normales de limpieza, la presencia de 100.000 organismos por mililitro significan la existencia de un foco contaminante a nivel de infección a lo largo del camino de los caldos. Las paredes del -- tanque de fermentación contribuyen también a la contaminación general y las grietas en un revestimiento defectuoso (en el tanque) son focos peligrosos de microorganismos extraños, sobre todo si -- el revestimiento se ha desprendido del tanque, ya que la humedad -- persistirá. La cerveza en fermentación deposita una capa de oxala -- to de calcio sobre las paredes del tanque semejante a las incrustaciones dejadas por el agua en el metal, de tal manera que la -- cantidad de agua necesaria para una buena limpieza es muy grande -- si se considera el tamaño del equipo, así como la cantidad de líneas presentes. La calidad de esta agua, tendrá que ser completamente potable, se usa una solución alcalina, pues esta elimina -- la contaminación de bacterias, la temperatura de esta agua es de -- 50°C y mantiene un pH de 8.5, debe de tener una cantidad baja de dureza, pues de lo contrario las incrustaciones perjudican tanto -- al equipo como a la cerveza, a continuación se enjuaga con agua -- fresca. ]

## Filtración

*Lavado* Una vez que se ha pasado el agua por desarenadores, pasa por tanques filtro, de los cuales se obtiene una agua de buena calidad para lavar filtros, el parámetro que se vigila es el de los sólidos suspendidos; pasando a otro término sería la dureza del agua la que se torna importante, ya que como el agua se introduce a temperatura ambiente, la solubilidad de las sustancias es muy baja y estas se presentarían en forma de precipitados.

Las pérdidas en las fibras de algodón se separan fácilmente por medio de un sencillo colador en la tubería que conduce la cerveza desde el filtro hasta la sala donde se hace el embotellado. Un filtro de esta clase contiene aproximadamente 90 kg de masa filtrante y tiene una capacidad aproximadamente de 11,73<sup>l</sup> l por hora. Después de 8 ó 16 horas de funcionamiento, se desmonta el filtro y se insertan nuevas tortas filtrantes.

La masa filtrante usada se regenera por lavado con agua caliente a contracorriente. La masa bien lavada puede volverse a usar 100 veces o más; la calidad de esta agua tiene características iguales a las que se obtienen después de un control riguroso.

### Envasado.

Las botellas tienen una limpieza sumamente rigurosa, de manera que la buena calidad del agua será necesaria, habiendo ex-

aplicado en el capítulo anterior las características de la misma.

La limpieza de las plantas es muy importante, ya que se consumen grandes cantidades de agua y esto dependerá del tamaño de la planta a la que se esté considerando.

La cantidad de agua empleada diariamente en las distintas plantas varía en cuanto a su volumen producido, tomando en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Diferentes tipos de cerveza.
- 2.- Tipo de clima, que hace utilizar diferentes volúmenes de agua para enfriamiento.
- 3.- Limpieza de la planta.
- 4.- Maquilado a fábricas pequeñas.
- 5.- Ornamentación.

La demanda de agua en las plantas cerveceras es constante a través del año, durante el cual se trabaja un promedio de 270 días, de acuerdo a esto se toma como base una planta con una capacidad de producción de 75,000,000 de litros/año.

En la tabla # 13 se expone la cantidad de agua por proceso y por día, en la tabla # 14 se indica la cantidad de agua por proceso y por año en la industria cervecera.

OPERACION	VOLUMEN DIARIO DE AGUA DEMANDA m <sup>3</sup>
1.- Enfriamiento, fermentación, limpieza de equipo y piso	1.956
2.- Filtración	300
3.- Envasado	1.845
4.- Servicios sanitarios	290
5.- Evaporación y otras pér- didas	239
TOTAL	<hr/> 4,630

Tabla # 13

Uso de agua por proceso y por día

OPERACION	VOLUMEN ANUAL DE AGUA DEMANDA m <sup>3</sup>
1.- Enfriamiento, fermentación limpieza de equipo y piso	528,000
2.- Filtración	81,250
3.- Envasado	498,000
4.- Servicios sanitarios	78,250
5.- Evaporación y otras pér- didas	64,500
	<hr/>
TOTAL	1,250,000

Tabla # 14

Uso de agua por proceso anual

El efluente de una planta cuya capacidad de producción de cerveza sea de 75,000,000 litros/año es de 4,391 m<sup>3</sup>/día.

En la tabla # 15 se dan las características fisicoquímicas del agua residual representada en la muestra general.

FLUJO	DBO	DQO	OD	ST	SSusp.	GyA	ABS	SSed	pH
m <sup>3</sup> /día	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/l	
6,000	883	1,465	0.0	1,573	385	51	18.5	19.5	9.5

CARACTERISTICAS DE LA DESCARGA REPRESENTADA COMO MUESTRA GENERAL

TABLA NO. 15

## CAPITULO VI

### AGUA RESIDUAL Y SUS CARACTERISTICAS

Cuando se va a iniciar un estudio para evaluar y controlar la contaminación en un cuerpo de agua, es necesario hacer un reconocimiento preliminar del problema de la zona, con el objeto de planificar la forma de como se iniciarán y desarrollarán los trabajos que se designen para la obtención de conclusiones de la zona de estudio. Las actividades para este efecto consisten en efectuar una visita de inspección para recopilar y revisar planos e información disponible de la compañía, viendo donde se realizó la descarga.

Durante la elaboración de cerveza, existen 7 efluentes de agua, de ellos, los 2 primeros se encuentran sin contaminación química, existiendo solo la térmica, en los 5 restantes la contaminación es moderada. Los efluentes son los siguientes:

#### 1.- Condensado de vapor:

Obtenido a partir del condensado de los serpentines de las ollas de cocción de la malta y cereales.

#### 2.- Condensado de vapor:

Obtenido a partir del condensado de los serpentines de las ollas de cocción del lúpulo y mosto.

La característica de estos efluentes es por su contaminación térmica, dado que los cambios de temperatura son drásticos. - Se tiene que estos efluentes son intermitentes, estando en relación con la demanda y cantidad de material en cocción.

El pH de esta descarga es ligeramente alcalino, este valor dependerá del tratamiento que se le dé al agua de la caldera, - de las purgas que se efectúen a las líneas de vapor que regularmente se realizan antes de la circulación de vapor, así como durante la operación de calentamiento.

Periódicamente se agregan productos químicos para desincrustar las impurezas que se han depositado en las líneas de vapor, esto no se toma en cuenta ya que, además de que son pequeñas cantidades de antiincrustante, se efectúa dos veces al año.

Las otras descargas de agua residual son:

### 3.- Prensado de granos

La humedad existente en los granos ya utilizados en la elaboración de cerveza, es extraída por medio de prensas, el periodo de esta descarga es intermitente ya que se efectúa por etapas - de cocción de los granos.

Estos efluentes se caracterizan por tener un alto contenido de sólidos suspendidos, incrementando con esto los niveles de contaminación, lo cual se puede representar como DBO o DQO, el pH-

de la solución es neutro, ya que las reacciones que se llevan a ca-  
bo, hacen que el valor del pH empiece a descender. Estos efluentes  
también son completados cuando se efectúa el lavado de los fil---  
tros, los cuales descargan sólidos sedimentables procedentes de --  
los granos que han sido finamente molidos.

#### 4.- Lavado de tanques de fermentación

Esta operación es sumamente importante. La limpieza del -  
equipo es fundamental para evitar contaminaciones en la cerveza, -  
que puede afectar al producto final, produciendo turbiedad y sabor  
amargo.

Cada vez que se descarga un tanque, se lava perfectamente  
con agua caliente que tiene un pH ligeramente alcalino, esto es --  
con el fin de solubilizar las proteínas y extraer las trazas de --  
grasa de los granos.

Para desincrustar los residuos o natas formadas, se emplea  
agua a presión, así se evita el rayado de los tanques de fermenta-  
ción, pues de otra manera se emplearían medios mecánicos producién-  
do raspaduras, el agua empleada debe de ser desmineralizada para -  
evitar incrustaciones, que no son deseables.

#### 5.- Envasado

Por medidas de seguridad e higiene, es necesario un buen-  
lavado de las botellas, de tal manera que se pueda asegurar que es

son inmunes de bacterias. Esta descarga es continua, al menos du-  
rante la mayor parte del año en la que se labora, esta agua propor-  
ciona una contaminación térmica, pues se emplea agua con una tempe-  
ratura de 70°C durante todo el proceso, el pH de la solución es li-  
geramente alcalino, teniendo un valor aproximado de 9. También lle-  
van una ligera cantidad de detergente, esto es con el fin de remo-  
ver los compuestos inorgánicos que se encuentran presentes.

#### 6.- Lavado de filtros

De los procesos en los que se utiliza agua fresca, se --  
tiene el de lavado de los filtros, que al combinarse con los demás  
efluentes que lo constituyen, lo caracterizan por tener la mayor -  
concentración de contaminantes de todas las descargas del proceso.  
Partiendo de la base de que existen muchos sólidos suspendidos, la  
calidad del agua se ve mermada, dando un efluente sumamente conta-  
minado.

Dado que la eficiencia del filtro será consecuencia di-  
recta del tipo de arreglo del mismo, aunado a la eficacia de la --  
limpieza y partiendo de que estos procesos están sujetos a la velo-  
cidad del filtrado aumenta la capacidad de producción de cerveza.

#### 7.- Varios

Otro efluente a considerar, serán los servicios genera-  
les, teniendo entre estos a los servicios sanitarios, los cuales -  
son ofrecidos al personal que labora en la empresa, la cantidad de

descarga así como la calidad, estará en función del número de empleados y del tiempo que se encuentren trabajando en ella. En algunas plantas existe comedor, el cual da servicio a la mayoría del personal.

#### Muestreo y preservación.

Teniendo en cuenta que el muestreo es el proceso de separar una pequeña porción del total, para que la muestra represente el caracter y calidad de la masa de la cual se tomó. El muestreo adecuado del agua residual es necesario para obtener datos concernientes a sus características físicas, químicas y biológicas. Existen dos tipos de muestras:

**Muestra simple instantánea:** Consiste en tomar una sola muestra, por lo que únicamente representará la concentración de constituyentes en el agua en el momento en que se tomó la muestra.

**Muestra compuesta:** Consiste en mezclar varias muestras simples instantáneas a intervalos de tiempo previamente seleccionados para un mismo sitio de muestreo, en volúmenes iguales o proporcionales al gasto.

Los puntos de colección de las muestras deberán ser seleccionados tomando en cuenta las fuentes de contaminación, caudal y velocidad de la corriente, así como los cambios de topografía.

fía. Para que el tipo de muestra pueda considerarse representativa de una gran masa de agua, deben tomarse en cuenta factores tales como: [homogeneidad del cuerpo de agua; número de lugares muestreados, tamaño de la muestra y método de recolección.] Cuando se han tomado muestras ( simples o compuestas ) y estas han sido analizadas, la evaluación de los resultados podrá obtenerse de la siguiente manera:

Expresando el resultado según su masa contaminante, es decir, el resultado obtenido en un análisis multiplicado por el gasto, para obtener la masa contaminante por unidad de tiempo.

La manera de muestrear se lleva a cabo dependiendo de los medios con los que se cuente, la manera óptima para obtenerlos es en frascos de vidrio o de plástico, tomando la muestra a la mitad del área de flujo para evitar contaminaciones, procurando que el sitio de muestreo sea homogéneo.

Es posible establecer el lapso que debe permitirse entre el muestreo y el análisis; esto depende de las características de la muestra, del análisis que se vaya a efectuar y de las condiciones de almacenamiento. Los siguientes límites máximos de tomas de muestra se sugieren para análisis físico - químicos:

Aguas ligeramente contaminadas

48 horas

Agua contaminada

12 horas

Es prácticamente imposible una preservación completa de las muestras residuales, las técnicas de preservación solo pueden retardar los cambios químicos y biológicos que, inevitablemente, se producen después de que se toma la muestra, en general mientras más corto sea el tiempo transcurrido [entre la toma de la muestra y su análisis, más seguros serán los resultados obtenidos]. En la tabla # 16 se describe una lista con algunos de los preservativos -- que se usan comunmente, cual es su acción y a que tipos de determinaciones son más aplicables.

PRESERVATIVO	ACCION	APLICABLE A
$HgCl_2$	Inhibidor bacteriano	Nitrógeno y fósforo en todas sus formas.
Acido ( $HNO_3$ )	Disolvente de metales, prevenir la precipitación.	Metales.
Acido ( $H_2SO_4$ )	Inhibidor bacteriano	Muestras orgánicas (DQO, aceites y grasas).

PRESERVATIVO	ACCION	APLICABLE A
Alcali (NaOH)	Formación de sales- con compuestos volá- tiles.	Cianuro, ácidos- orgánicos.
Refrigeración o congelamien- to.	Inhibidor bacteria- no	Acidez, alcalini- dad, material or- gánico, color, - olor, microorga- nismos.

TABLA # 16

ACCION Y APLICACION DE ALGUNOS TIPOS DE PRESERVATIVOS USADOS -  
MAS COMUNMENTE.

En la tabla # 17 se da una lista con los parámetros más-  
usados en los análisis de aguas de desecho con el siguiente fin:

1.- Tener una idea, según el parámetro que se va a deter-  
minar, del volumen requerido de muestra para poder efectuar un aná-  
lisis y así poder calcular el volumen total de la muestra requeri-  
da, en función al número de parámetros que se van a analizar.

2.- Conocer el tipo de envase que sea más conveniente --

TABLA 17

## RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO DE AGUAS DE DESECHO

PARAMETROS	VOLUMEN REQUERIDO ml	TIPO DE ENVASE	PRESERVATIVOS	TIEMPO MAXIMO DE ALMACENAMIENTO
Acidez	100	*P, V**	Refrigeración 4°C	24 h
Alcalinidad	100	*P, V**	Refrigeración 4°C	24 h
DBO	1000	*P, V**	Refrigeración 4°C	6 h
DQO	50	*P, V**	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2	7 días
OD	300	V**	Determinar temp.	No almacenar
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> hidrolizables	100	*P, V**	Refrigeración 4°C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2	24 h
Sólidos todas formas	200	*P, V**	Refrigeración 4°C	7 días
Temperatura	1000	*P, V**	Determinar "in situ"	No almacenar
Nitrógeno Kjeldahl	500	*P, V**	Refrigeración 4°C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2	24 h
Grasas y Aceites	1000	V**	Refrigeración 4°C	24 h
pH	25	*P, V**	Refrigeración 4°C determinar "in situ"	6 h
Sustancias activas				
al azul de metileno	250	*P, V**	Refrigeración 4°C	24 h

\*P Envase de plástico ; V\*\* Envase de vidrio

user para evitar la posible contaminación de la muestra por el envase.

3.- Conocer el tipo de preservativo necesario para conservar lo mejor posible las condiciones reales de la muestra durante su transportación al laboratorio y el tiempo que permanezcan almacenados mientras se analizan.

4.- Tener una idea del tiempo máximo de almacenaje, es decir, el tiempo máximo que puede tenerse una muestra almacenada.

#### Análisis fisicoquímicos.

[Con el fin de caracterizar la calidad de este tipo de --descargas se determinan los siguientes parámetros,] cuyo significado sanitario se explicará posteriormente:

a) Demanda bioquímica de oxígeno	DBO
b) Demanda química de oxígeno	DQO
c) Nitrógeno total Kjeldahl	NPK
d) Grasas y aceites	G y A
e) Sólidos sedimentables	SS
f) Fosfatos	PC <sub>4</sub> ≡
g) Potencial de hidrógeno	p <sup>H</sup>

- |                             |    |
|-----------------------------|----|
| h) Temperatura              | T  |
| i) Turbiedad                | t  |
| j) Conductividad específica | CT |
| k) Color                    | C  |
- a) Demanda bioquímica de oxígeno

Las reacciones oxidativas efectuadas en la prueba de la-DBO son el resultado de una actividad biológica, la velocidad a la que se llevan a cabo estas reacciones está regida por la población de microorganismos y la temperatura.

La prueba analítica de la demanda bioquímica de oxígeno es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de aguas residuales, por medio de una población microbiana heterogénea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos que consiste en medir el oxígeno consumido por los microorganismos vivos, principalmente bacterias, al utilizar como alimento la materia orgánica presente en un desecho, en condiciones muy similares a las naturales. La cantidad de oxígeno requerida para dicha oxidación se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días (DBO<sub>5</sub>) de incubación a 25°C. Se ha encontrado, por experiencia, que un porcentaje del 70 a 80% de la DBO total se logra en 5-

días.

Entre más grande sea la carga orgánica desechada a un cuerpo de agua, mayor será la necesidad de oxígeno para su descomposición, de esta manera la DBO es una medida de la contaminación del efluente, además este parámetro se emplea mucho en el control de la efectividad del tratamiento.

### b) Demanda química de oxígeno

La determinación de la demanda química de oxígeno determina la cantidad de oxígeno necesario para oxidar a la materia orgánica de un desecho, bajo condiciones específicas de un agente oxidante, condiciones ácidas y temperatura, transformada en bióxido de carbono y agua. A esta prueba también se le dió el nombre de cantidad de oxígeno absorbido.

Esta prueba tiene las siguientes limitaciones:

- 1.- Oxida toda la materia orgánica sin importar el tiempo en la degradación biológica natural.
- 2.- No proporciona la velocidad de estabilización.

La temperatura de esta prueba es variable, pues se puede efectuar a distintos intervalos, como es de esperarse, a temperaturas más altas, el tiempo de oxidación disminuye. Las ventajas y limitaciones que se reportan en las pruebas de DQO con respecto a la

prueba DBO son:

1.- El costo del equipo es menor en la prueba DQO.

2.- En cuanto a condiciones de oxidación, son mucho más efectivas al abarcar a un mayor número de compuestos químicos.

#### Limitaciones

1.- Algunos compuestos no son susceptibles a la oxidación dentro de las condiciones de la prueba de la DQO, o son demasiado volátiles para poderlas cuantear.

2.- Residuos de sustancias orgánicas como el hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), sulfuros ( $\text{S}^{2-}$ ), sulfitos ( $\text{SO}_2^-$ ), tiosulfatos ( $\text{S}_2\text{O}_2^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) bajo condiciones de prueba son oxidados, creando una DQO inorgánica.

3.- Los cloruros causan serios problemas ya que si se encuentran como iones reducidos, pueden ser oxidados.

#### c) Nitrógeno total Kjeldahl

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

ciones previas que existen. Los análisis de nitrógeno se efectúan por diferentes razones. Se sabe que las aguas contaminadas tienen el poder de autopurificación en un periodo de determinado tiempo.

Trabajos químicos con desechos de agua recientemente contaminada, muestran que mucho del nitrógeno se encuentra en forma orgánica, en forma de proteínas y amoníaco. A medida que pasa el tiempo, el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y posteriormente en condiciones aerobias, se oxida a nitritos y nitratos. Para determinar cuantitativamente el nitrógeno orgánico se emplea este tipo de análisis.

#### d) Grasas y aceites

Aceites, ceras y ácidos grasos son las principales sustancias clasificadas como "grasas" en el agua residual.

El término aceite representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo a elevado peso molecular, de origen mineral, que abarca desde la gasolina, hasta combustibles y aceites lubricantes.

Aceites y grasas pueden estar presentes en las aguas como una emulsión de residuos industriales, o en solución como una fracción ligera del petróleo.

Se debe tener especial cuidado de que una muestra sea representativa. Las muestras de películas de aceites tomadas en la

superficie de una corriente o de otro cuerpo de agua, será casi im-  
posible valorarlas en comparación al volumen total de agua, el ---  
área total de la película y al espesor comprendidos.

Son diversos los problemas ocasionados por las grasas y-  
aceites, todos estos originados por su baja solubilidad en agua y-  
su tendencia a formar películas muy finas sobre la superficie, mig-  
na que interfiere la transferencia de oxígeno atmosférico, lo que-  
es indispensable tanto para la autopurificación de los cuerpos na-  
turales de agua, como los sistemas de tratamiento biológico.

En la determinación de grasa, no se determina cuantitati-  
vamente una sustancia específica, sino grupos de sustancias con -  
características físicas similares, principalmente su solubilidad -  
en el disolvente usado.

#### e) Sólidos sedimentables

La separación de éstos de las aguas residuales es median-  
te el fenómeno de gravedad. La sedimentación de estos sólidos esta-  
rá en función de:

- a) Tamaño del sólido
- b) Densidad del sólido y del medio
- c) Turbulencia del efluente
- d) Tiempo

Este tipo de contaminación se le atribuye principalmente al proceso de acondicionamiento de botellas, tanto nuevas, como rebotelladas. Al efluente que proviene del lavado de filtro en las distintas etapas de fabricación de cerveza.

La variedad de estos sólidos son orgánicos o inorgánicos pero el modo de determinarlos es igual.

#### f) Fosfatos

El fósforo es un elemento que es indispensable para el crecimiento de todos los organismos. Se encuentra comunmente en forma de ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicos. Puede presentarse en forma soluble en partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Puesto que el fósforo puede presentarse en suspensión y en combinación con la materia orgánica, un método de digestión para determinar el fosfato total puede ser capaz de oxidar efectivamente la materia orgánica.

El fósforo es un elemento que tiene gran importancia en los estudios de calidad de agua, debido que influye mucho sobre los procesos de productividad acuática, baja la eficiencia de los procesos de coagulación de tratamiento de aguas, es difícil removerlo mediante tratamientos convencionales para obtener concentraciones bajas, forma gran variedad de compuestos y posee la caracte

rística de cambiar de una a otra forma en determinadas condiciones.]

#### g) Potencial de hidrógeno

Su valor nos indica la cantidad de iones  $H^+$  presentes en la solución. [Esta característica es muy importante, tanto para la vida acuática como para los siguientes procesos de tratamiento de agua, sobre todo si se piensa en seguir con el tratamiento biológico.]

#### h) Temperatura

Este concepto de temperatura se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia de un equilibrio térmico entre dos o más sistemas. Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y bioquímicas de los cuerpos de agua. - Esto se puede establecer en la autopurificación de los desechos orgánicos; afectando la rapidez de estabilización de la materia orgánica. [Cuando la temperatura de los efluentes es alta, la contaminación de gases disueltos se reduce grandemente, por lo tanto la concentración de oxígeno se reduce, limitando la existencia de bacterias aerobias que van a degradar la materia orgánica.]

Las descargas de la industria cervecera tienen una temperatura aproximada de  $20^{\circ}C$ .]

i) Turbiedad

Es causada por partículas suspendidas y coloidales que limitan el paso de la luz a través del agua. Turbiedades de más de 30 mg/l, cortan casi por completo el paso de la luz solar. Es causada por el polvo y materia sumamente dividida. El grado de turbiedad estará en función de:

a) La turbulencia del líquido

b) La velocidad del efluente

j) Conductividad específica.

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



Estos iones se pueden mover independientemente y son guiados a los electrodos del signo opuesto por el campo eléctrico aplicado. De esta forma se puede estimar los sólidos disueltos en una muestra de agua, multiplicando la conductancia específica por un factor empírico que varía de .56 a .90, dependiendo de los componentes solubles de determinada agua y de la temperatura en que

se realiza la medición.

#### k) Color

El color que presentan las aguas puede ser de origen mineral, tal como el que presentan los compuestos de hierro y magnesio, o vegetal como los productos por materia orgánica en suspensión, como algas, semillas y protozoarios.

En la descarga de agua residual de la industria cervecera, no existe este problema.

CAPITULO VII  
CONTROL DE LA CONTAMINACION

[ Los tratamientos que se aplican a las aguas residuales, tienen por objeto, el acelerar y controlar los procesos naturales de purificación, de manera que se pueda lograr la estabilización de la materia orgánica, sin que se presenten condiciones ofensivas, por lo que se trata de lograr un efluente aceptable.]

La selección del método o sistema de tratamiento más adecuado para un determinado tipo de desecho líquido, deberá hacerse tomando en cuenta como objetivo general, [conjuntar las máximas eficiencias con los mínimos costos] y específicamente considerando las necesidades y disponibilidades siguientes:

- a) Objetivo del tratamiento
- b) Uso posterior a que se destina el agua
- c) Disponibilidad de mano de obra, material de construcción, equipo y terreno.
- d) Recursos técnicos y económicos disponibles

a) Objetivo del tratamiento

El tratamiento tiene dos objetivos, el primero es cumplir con los lineamientos expresados en el reglamento de aguas re-

siduales que entró en vigor en 1971; y tratar los efluentes industriales con la posibilidad de volver a usar los caudales de agua que están ligeramente contaminados, esto traerá como ventaja el disminuir el consumo de agua original.

b) Uso posterior a que se destina el agua.

Una gran cantidad de actividades que requieren de agua, no la necesitan de muy buena calidad, como son los servicios generales (riego de ornamento, etc.) y dependiendo de la eficiencia del tratamiento se puede volver a aprovechar el agua en las torres de enfriamiento.

c) Disponibilidad de mano de obra, material de construcción, equipo y terreno.

Los trabajos para efectuar las construcciones de tratamiento de agua están en función del terreno y del equipo. Últimamente se ha tomado en cuenta el terreno donde se construye la planta, por el alto costo del mismo.

d) Recursos técnicos y económicos disponibles.

El enfoque de recursos técnicos dependerá de la posibilidad económica de la compañía.

Hay equipo que requiere de un mínimo de mantenimiento y personal altamente calificado (lagunas de oxidación). Además del personal mencionado, debe tenerse el auxilio de un laboratorio, ya

sea de planta o externo, para análisis rutinarios de control de calidad.

Tomando en cuenta esto, puede escogerse el mejor diseño de los dispositivos de tratamiento, pudiendo llegar incluso a una absoluta automatización del proceso con el equipo y accesorios que la tecnología más avanzada permite.

Los tratamientos normalmente usados son:

1.- Tratamiento preparatorio o preliminar \*

Se llama tratamiento preliminar o preparatorio al sistema que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales para dejar en condiciones aceptables o manejables, al agua que se le dará posteriormente un tratamiento ya sea primario, secundario o terciario.

El objetivo principal del pretratamiento consiste en separar de las aguas residuales todos aquellos constituyentes que podrían llegar a obstruir o dañar los equipos de bombeo, o interferir con los procesos subsecuentes del tratamiento, por lo que los dispositivos empleados para el tratamiento preliminar se diseñan principalmente para:

a) Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos. Estos sólidos consisten generalmente en trozos de madera, telas, papel, basura, junto-

con algo de excretas humanas.

b) Separar los sólidos inorgánicos pesados, como la arena, la grava e incluso objetos metálicos; denominándose a todo esto arena.

c) Separar cantidades excesivas de grasas y aceites.

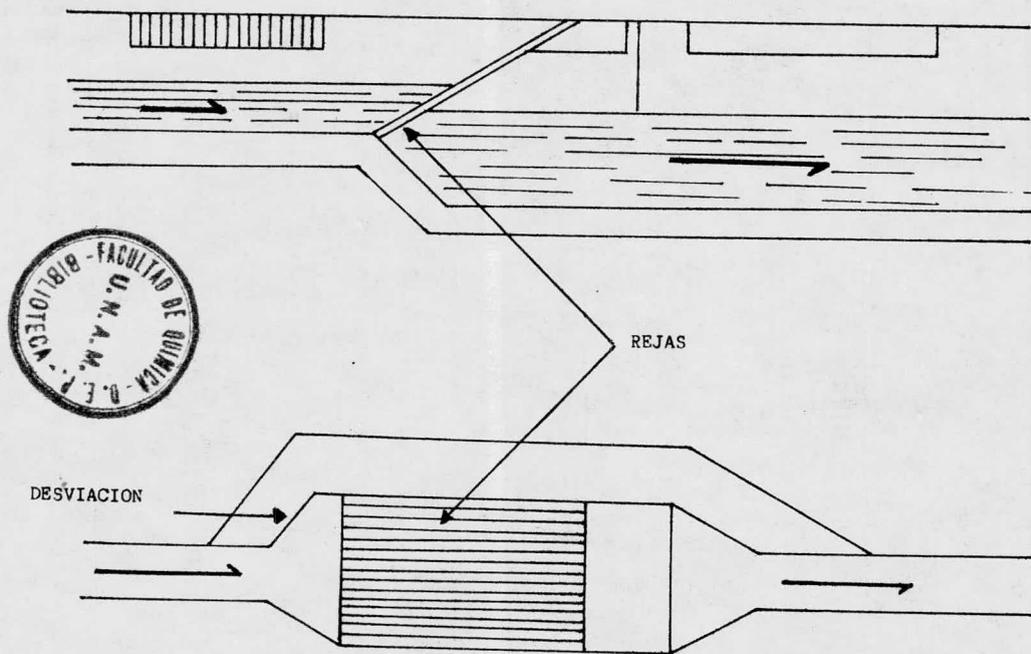
Este procedimiento se lleva a cabo con el siguiente equipo:

### 1.1 Cribado

Consiste en una serie de mallas o mamparas flotantes, -- que sirven para evitar el paso de sólidos gruesos y generalmente -- las rejillas tienen un espaciado entre sí de 5 cm y las rejillas de 1.5 cm que permiten el paso de material más fino. Se diseñan inclinadas y colocadas en pendiente de 1 vertical por 1,2,3 horizontal con objeto de facilitar la limpieza y evitar la excesiva pérdida de carga. El canal de la reja debe ser diseñado de tal manera que la velocidad se reduzca a menos de .6 m/seg para evitar la deposición de material pétreo. ( ver fig. No. 1 )

### 1.2 Desmenuzadores

Otro equipo integrado al tratamiento preliminar, es este que puede ser a base de molinos, cortadoras y trituradores. Consiste en dispositivos que sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal que permita que sean reintegrados a las aguas ne-



CRIBADO  
FIGURA 1

gras sin peligro de obstruir a las bombas o a las tuberías. Pueden disponerse también para triturar los sólidos que sepanan las cribas (barminutor). Pueden existir combinaciones de cribas y cortado- ras con movimiento (cominutor), las cuales se instalan dentro del canal por donde fluyen las aguas negras, de manera que se logre su objetivo sin necesidad de separar los sólidos de las aguas negras.

### 1.3 Desarenadores

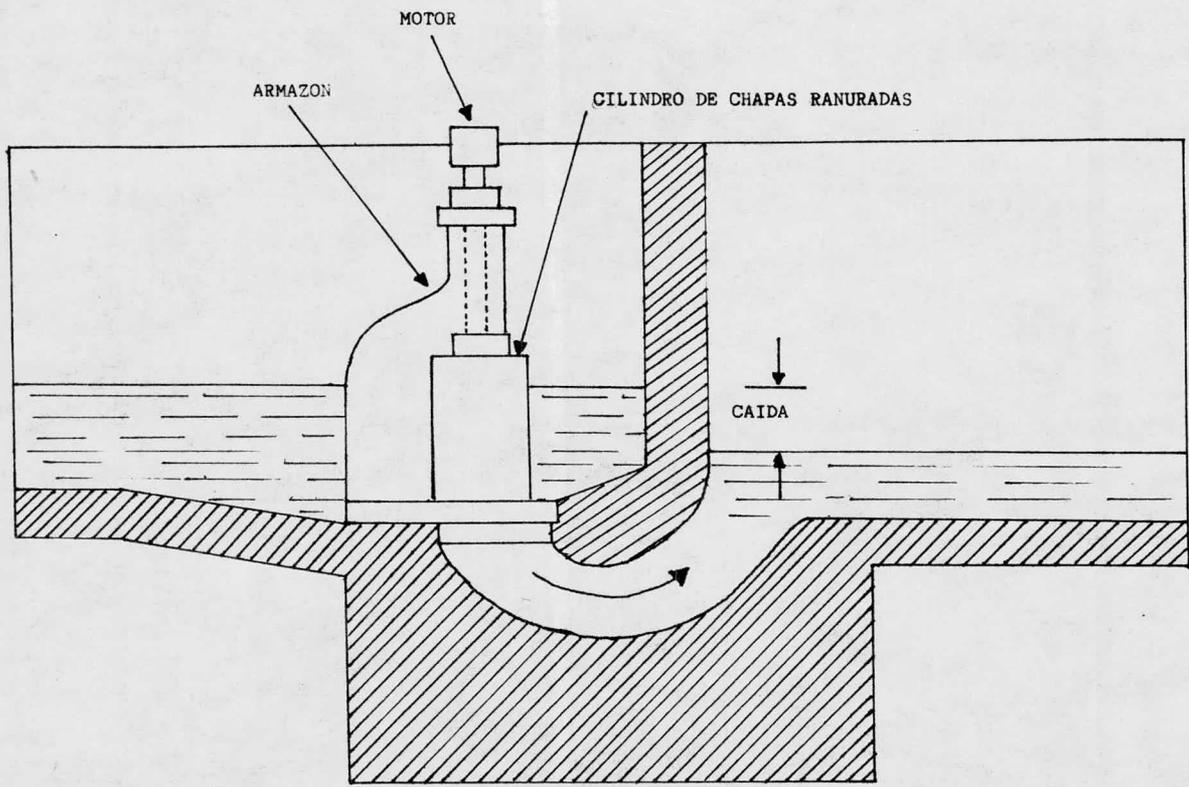
Las aguas negras contienen por lo general, cantidades re- lativamente grandes de sólidos inorgánicos, la cantidad es varia- ble y depende de muchos factores. El desarenador puede ser en for- ma de canal o de tanque, cuya finalidad es:

a) Regular la velocidad de arrastre para que se deposi- ten las partículas mayores de 2 mm de diámetro y una densidad de - 2.65 g/cm<sup>3</sup>. Velocidad de arrastre es la velocidad del paso del flu- jo a través del desarenador para que la partícula sedimente.

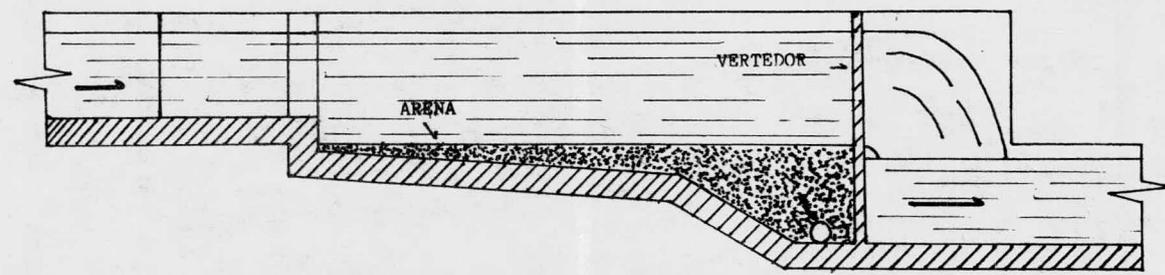
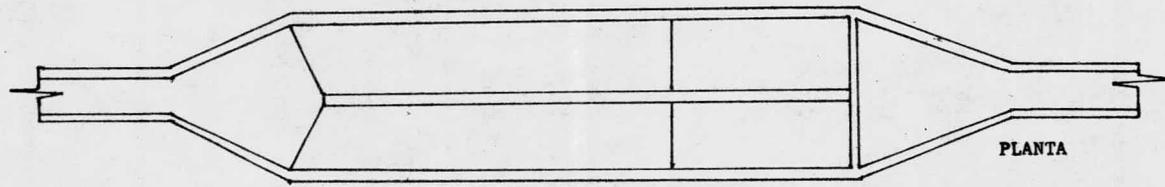
b) Reducir las obstrucciones en los cambios de dirección de las tuberías.

c) Disminuir la frecuencia del desalojamiento de lodos - de los sedimentadores.

En la figura número 2 se muestran los desarenadores. Y - en la fig. 2-a se ilustran los canales desarenadores.

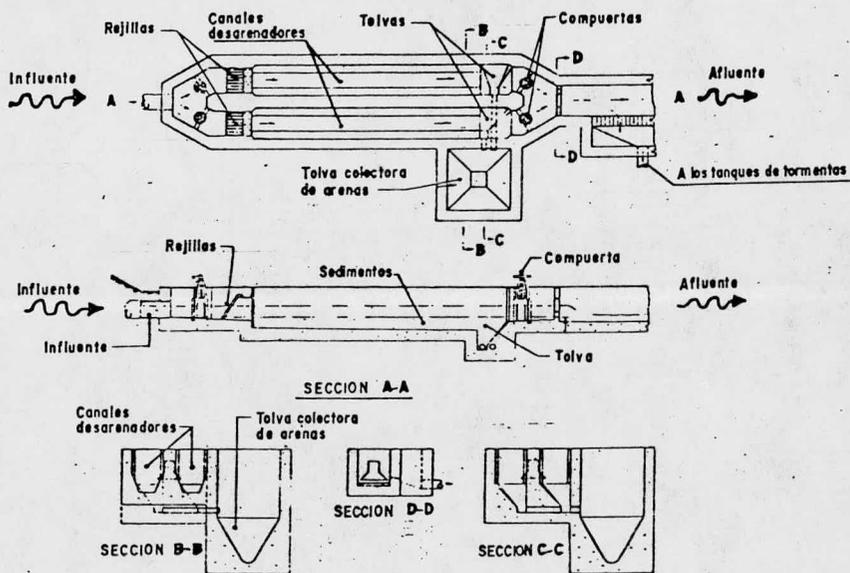


COMINUTOR



DESARENADOR  
FIGURA 2

ELEVACION  
SECCIONAL



CANALES DESARENADORES DE VELOCIDAD CONSTANTE

FIGURA 2 - A

#### 1.4 Tanques de preaereación

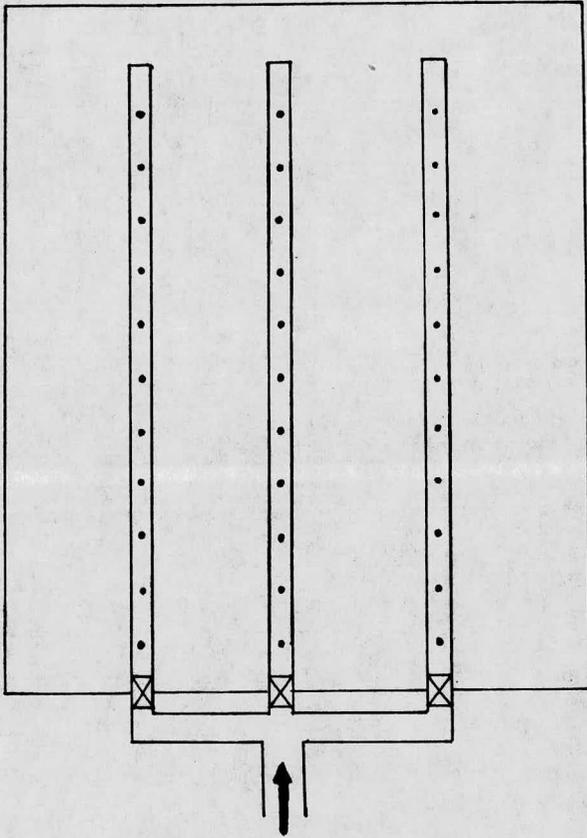
A veces se procura una preaereación de las aguas negras, es decir una aereación antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- a) Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos en los tanques de sedimentación.
- b) Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastran las aguas negras.
- c) Refrescar las aguas negras sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.
- d) Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno.

La preaereación se logra introduciendo aire a las aguas negras durante un periodo de 20 a 30 minutos, con una relación de .75 litros de aire por litro de aguas negras, o bien por medio de agitación mecánica, para que el agua se ponga en contacto con el aire atmosférico y absorba oxígeno por dilución. De ser necesario se pueden hacer estas dos juntas, obteniéndose una mejor aereación. ( ver fig. No. 3 ).

#### 1.5 Fosas o cárcamo de bombeo

Después de haber realizado la selección óptima del equipo de bombeo, de la forma de operación de los equipos, de las for-



TANQUE      PREAERADOR

FIGURA 3

mas de arranque y parado, del tiempo de retención y almacenamiento y del tiempo de septicidad, se pueden tener dos formas de cárcamo-de bombeo:

a) Un cárcamo doble donde una de las dos cámaras en las cuales esté dividido, sirva para un almacenamiento de volumen de excesos y la otra sea un cárcamo o cámara seca en donde se alojarán los equipos de bombeo.

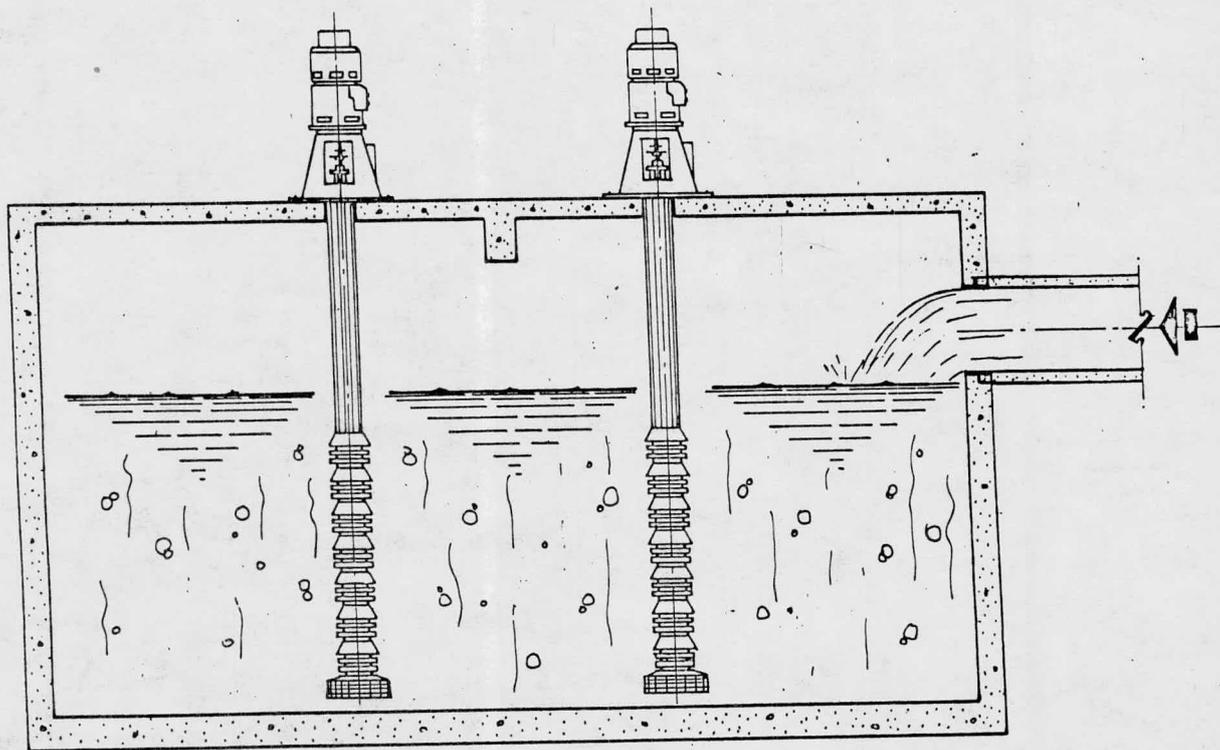
b) La otra forma de cárcamo o fosas de bombeo es aquella que tiene una sola cámara que está toda húmeda en donde el motor eléctrico del equipo de bombeo queda seco en la parte superior y en la losa de dicho cárcamo su succión estará sumergida.

En la figura No. 4 se muestra el cárcamo.

## 2.- Tratamiento primario.

El objetivo es retirar sólidos orgánicos e inorgánicos - sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación. Este se lleva a cabo reduciendo la velocidad del flujo, recomendándose 60 cm/seg, con esto se elimina aproximadamente de un 40 a un 60%. Cuando se agregan productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales y sedimentables; o sea, que se logra una eliminación de sólidos de un 80 a un 90%. La actividad biológica durante este proceso tiene escasa importancia.

La sedimentación ha sido clasificada en cuatro divisio--



CARCAMO  
FIGURA 4.

nes que dependen de la concentración de la suspensión y la tendencia de las partículas a coagularse.

a) Sedimentación discreta.- Una partícula conserva su individualidad y no cambia de tamaño, forma o densidad.

b) Sedimentación floculenta.- Se caracteriza por la aglomeración de partículas y el cambio de la velocidad de sedimentación.

c) Sedimentación en zonas.- Las partículas se sedimentan como una sola masa y presentan una interfase definida entre el sobrenadante y los sólidos que se sedimentan.

d) Compresión.- Los sólidos ejercen presión sobre las capas inferiores, lo que resulta en un desplazamiento lento del líquido.

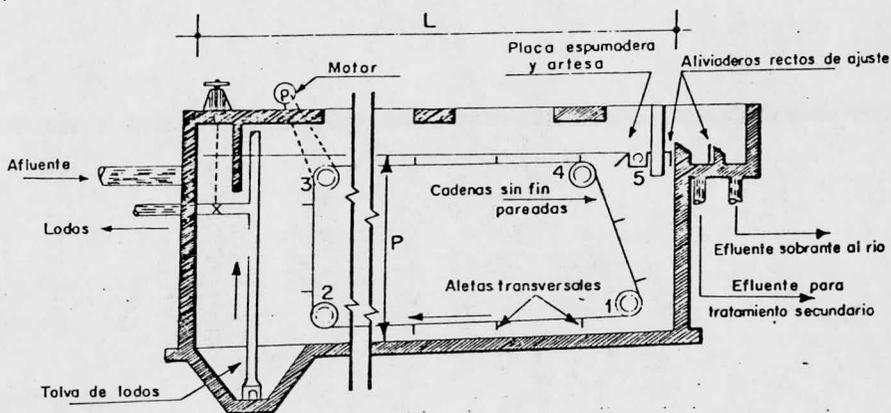
En la figura No. 5 se muestra un sedimentador.

Para que sea llevada a cabo la sedimentación en el tratamiento primario, se utilizan medios físicos y químicos.

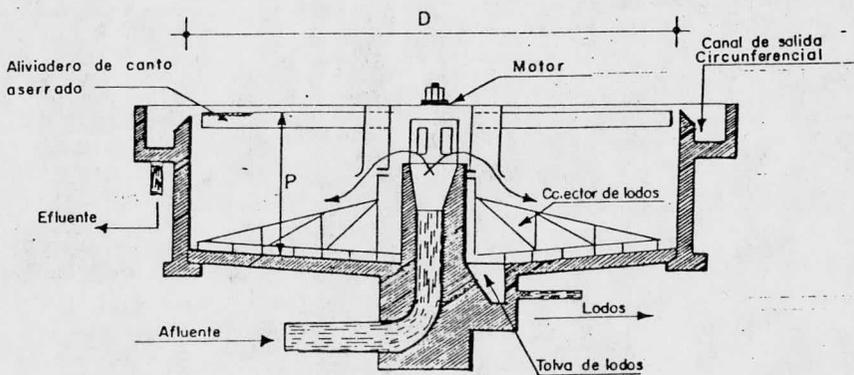
## 2.1 Físicos

### 2.1.1 Tanques Sépticos

Los tanques sépticos casi no se usan, excepto en instalaciones muy pequeñas. En su forma más simple, los tanques sépticos, son recipientes de sedimentación de un sólo nivel, en los que los-



TANQUE DE SEDIMENTACION RECTANGULAR  
(TRATAMIENTO PRIMARIO)



TANQUE DE SEDIMENTACION CIRCULAR

Figura 5

sólidos se mantienen por períodos lo suficientemente largos para -- que efectúe una digestión parcial y casi completa. Estan calcula-- dos para mantener las aguas a muy bajas velocidades y en condicio-- nes anaerobias, por espacio de 12 a 24 horas; durante el cual se -- eliminan los sólidos sedimentables. La descomposición se efectúa -- en el fondo del tanque en ausencia de oxígeno, lo que genera des-- prendimientos de gases que hacen un arrastre de los sólidos hacia-- la superficie formando una nata que finalmente sedimenta. Esto ha-- ce que algunos sólidos salgan a la superficie; es decir, a la co-- rriente, frustrando así los propósitos del tanque. (ver figuras -- número 6 y 7).

#### 2.1.2 Tanques de doble acción

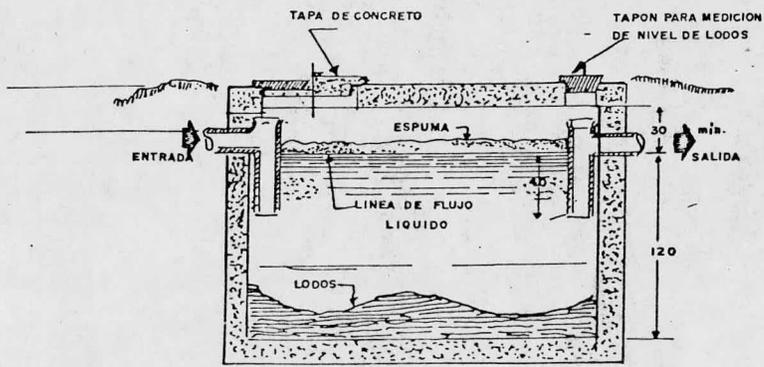
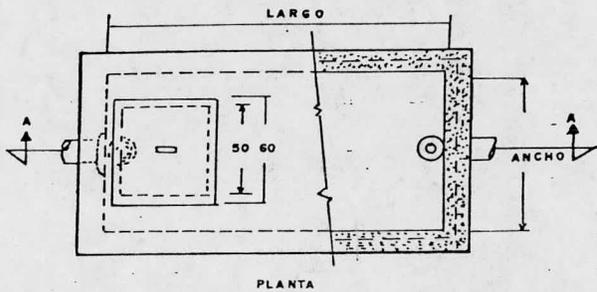
Tienen como propósito corregir los dos defectos del tan-- que séptico de la siguiente manera:

a) Impedir que los sólidos que se han separado de las -- aguas negras se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la reten-- ción de estos sólidos para su descomposición en la misma unidad.

b) Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento -- posterior.

#### 2.1.3 Tanques Imhoff

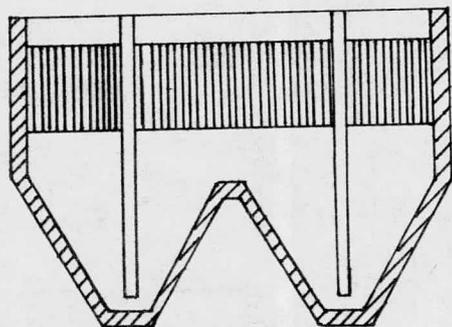
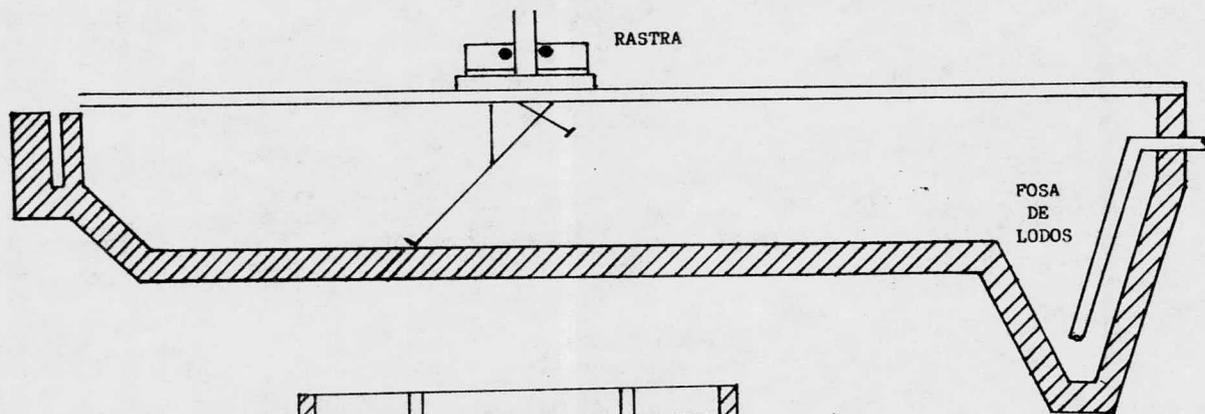
Los tanques Imhoff o de Emscher pueden ser rectangulares o circulares y se dividen en tres compartimientos o cámaras que --



CORTE A-A

DETALLES DE TANQUES SEPTICOS PEQUENOS

Figura 6



TANQUE SEPTICO

FIGURA 7

son:

◀ - Sección superior.- Se conoce como cámara de derrame --- continuo o compartimento de sedimentación.

- Sección inferior.- Es conocida como cámara de digestión de los lodos.

- Respiradero y cámaras de natas (o espumas).

En estos tanques los sólidos que se sedimentan se desli--zan hacia abajo sobre el falso fondo fuertemente inclinado en forma de canal, del compartimento de sedimentación y caen a través de las ranuras al compartimiento subyacente de digestión. La pendiente del falso fondo es generalmente mayor o igual a 1.2 vertical : 1.0 hori--zontal. Las ranuras se traslapan aproximadamente 25 cm o se dotan -- en alguna otra forma de trampas para evitar que los gases o sólidos asciendan al compartimento de sedimentación. Sin embargo, no se -- puede evitar un desplazamiento de líquido cuando menos proporcional al volumen de sólidos que entran al nivel superior.

En la figura No. 8 se aprecia el esquema del tanque deno--minado Imhoff.

Las ventajas para la instalación de tanques Imhoff son:

a) Las aguas residuales que se introducen en estos tan---ques, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una --

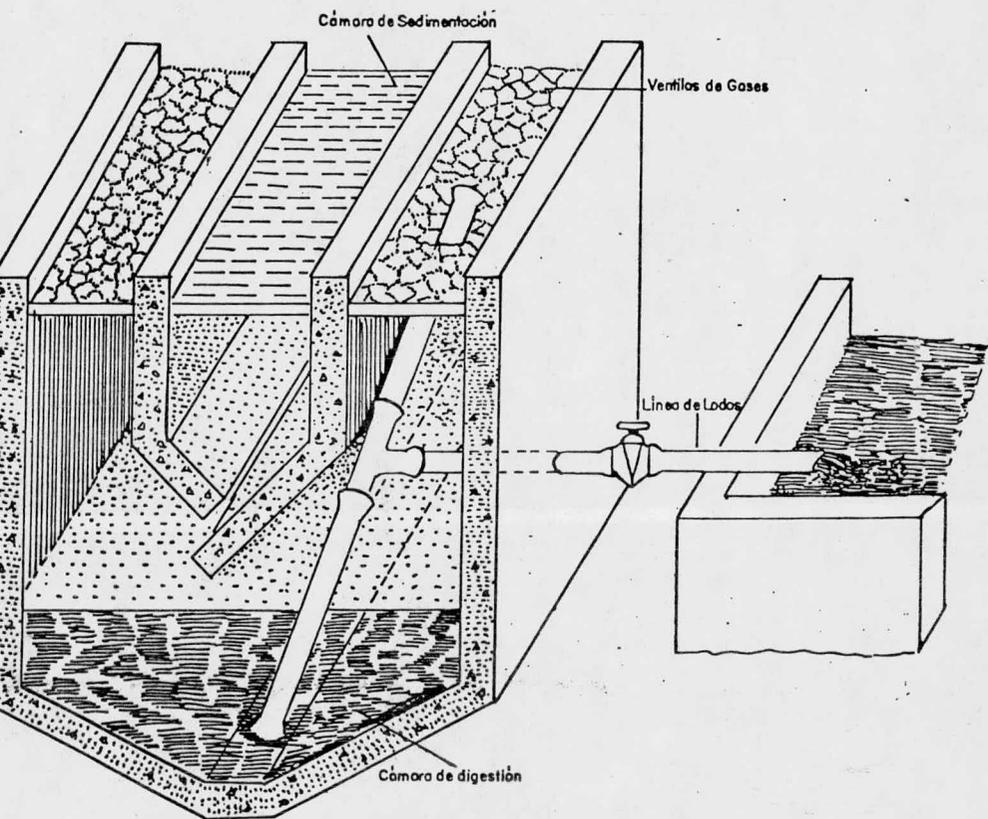


Figura 8

criba gruesa y la separación de las arenas.

b) Su funcionamiento es mejor en climas cálidos o donde la cámara de digestión del lodo esté caliente y cuando la naturaleza de las aguas residuales sea tal que no se establezcan condiciones de acidez en el comportamiento de digestión.

La limitante para la instalación de este tipo de tanque es que su construcción resulta difícil en área fluida o rocosa.

## 2.2 Químicos

Dependiendo del grado de acidez o alcalinidad del efluente, se tendrán problemas de corrosión en el equipo de las plantas de tratamiento. Por ello es necesario emplear sustancias químicas durante el tratamiento primario para neutralizar estos efectos.

### 2.2.1 Mezclado

La palabra describe la operación de revolver, combinar o incorporar los productos químicos que funcionan como coagulantes en contacto con el agua residual, con el fin de lograr un sistema homogéneo.

Para llevar a cabo esta operación, se utilizan diversos dispositivos, como son: mezclador mecánico, canal de mamparas, mezclador de salto hidráulico, etc.

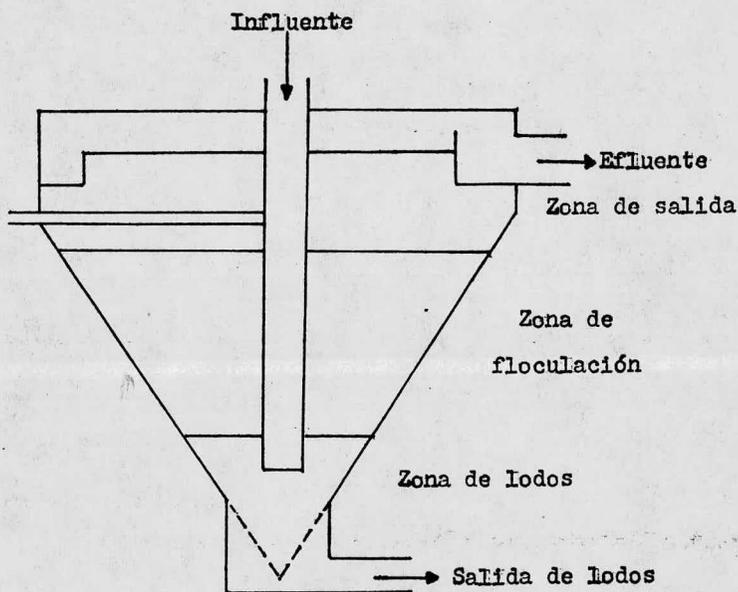
### 2.2.2 Floculación

Se denomina floculación al movimiento y agitación lenta del agua residual que contiene flóculos. En la coagulación química, el movimiento y agitación puede empezar tan pronto como se --- agrega el coagulante químico. Para que los flóculos que se forman sean atrapados se utilizan tanques de flujo vertical (ver fig. 9); los que combinan la floculación con la sedimentación, al tener dispositivos que agregan el coagulante y permiten la sedimentación de los coágulos. Para el crecimiento de los flóculos, los tanques de flujo vertical se dividen en zonas, como se muestra en la figura - número 9.

Los flóculos o partículas ascendentes entran en contacto con los flóculos o partículas que se asientan y con una nube estacionaria de flóculos o partículas en equilibrio con su medio ambiente hidráulico. La zona de salida situada al borde del tanque, constituye un amortiguador entre el interior del tanque y la salida, permitiendo un desplazamiento parcial hacia arriba o hacia abajo de la zona de floculación.

### 2.2.3 Flotación

La flotación es una operación en el tratamiento primario de las aguas residuales que puede efectuarse en forma natural o -- por medio de aire.



Tanque de flujo vertical

FIGURA 9

En la flotación natural, las grasas y aceites y otras -- sustancias más ligeras que el agua tienden a elevarse naturalmente a la superficie de los tanques, a los que se acarrean las aguas residuales para que se posen. A continuación, las natas superficiales que se forman se separan por medio de bordes mecánicos que son trampas puestas a lo ancho del canal.

En la flotación por medio de aire, las partículas finas -- que son más pesadas que el agua, se elevan y se mantienen en la superficie de los tanques debido a la ayuda de aire y agentes de flotación parecidos a los reactivos de coagulación. El aire se introduce a los tanques de flotación por medio de difusores o de dispersión mecánica. Los tanques desnatadores se diseñan como estructuras largas en forma de canal. Los periodos de retención rara vez -- exceden de 3 minutos. El introducir aire desde el fondo impide que los sólidos pesados se asienten, eleva a los sólidos ligeros y los captura en la espuma superficial.

### 3.- Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario se refiere al tratamiento de -- la materia no sedimentable, es decir, materia finamente dividida -- al estado coloidal y en solución. Durante los anteriores tratamien -- tos se logra que la contaminación por sólidos de las aguas residua -- les, sea reducido de un 40 a un 60% y se logra un abatimiento en -- los valores de la DBO de un 20 a un 30%. De este modo, si se desea

utilizar estas aguas negras, es necesario aplicar un tratamiento - secundario a las mismas.

El tratamiento secundario se basa fundamentalmente en la descomposición biológica de la materia orgánica, para lo que se em plean cultivos biológicos, tratando de establecer condiciones aerobias y poder de esta manera, obtener compuestos inertes más esta bles.

Los principales procesos del tratamiento secundario son:

- Lodos activados
- Filtros percoladores
- Lagunas de estabilización

3.1 Lodos activados.- El tratamiento de aguas residuales por el proceso de lodos activados, se basa en la biodegradación de la materia orgánica presente en las aguas mediante un sistema donde se regula el abastecimiento de oxígeno y la concentración de mi croorganismos responsables de la biodegradación.

Físicamente el sistema consiste en un tanque conocido -- como tanque de aeración, donde se mezclan las aguas residuales -- con la población microbiana y se abastece de oxígeno, la eficien-- cia del proceso depende de la presencia de oxígeno, que debe mante-- nerse durante todo el transcurso del mismo, además de que exista -- una cantidad de microorganismos que aseguren una degradación com--

pleta.

Los lodos activados están formados por flóculos parduzcos que consisten principalmente en materia orgánica procedente de las aguas residuales, poblados de bacterias y otras formas de vida bacteriológica. Estos lodos activados con sus organismos vivos, -- tienen la propiedad de absorber la materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo el amoníaco de las aguas residuales con lo que se disminuye la cantidad de sólidos suspendidos.

Las reacciones tienen lugar en tanques difusores de oxígeno (aire), a través de los cuales el aire es suministrado a presión, o bien, que los tanques estén provistos de superficies mecánicas, para realizar una aereación mecánica.

Es necesario que los lodos se mantengan en suspensión durante el periodo de contacto con las aguas residuales a tratar, -- que se encuentren bien mezclados, que exista una agitación y buen suministro de aire. Para alcanzar las concentraciones necesarias de floculación y las intensidades de exposición, se bombean en retroceso, flóculos formados en el curso de muchos días hacia el influente o las aguas que fluyen en forma de lodos retornados, con o sin sedimentación. Después que se ha alcanzado un estado estable, -- una parte de los lodos se debe desechar como exceso de lodos en vez de recircularse como lodos entornados. La proporción óptima de recirculación de lodos activados varía en cada instalación y con los diversos factores de carga, por regla general oscilará entre --

el 20 y 30 del gasto de aguas residuales con aire difundido (cuando menos 2.0 ppm de O.D.) y de 10 a 20% en las unidades de aereación mecánica.

El contenido óptimo de sólidos suspendidos en los tanques de aereación cambia considerablemente, pero usualmente varía de 1 000 a 2 500 ppm con aire difundido y de 600 a 1 200 ppm con aereación mecánica.

El proceso de lodos activados se verá afectado adversamente si se presentan condiciones sépticas en los tanques de sedimentación primaria. En distintas ocasiones se han efectuado modificaciones al proceso convencional, de los lodos activados, con el fin de obtener economía en la construcción y en la operación.

La proporción óptima de recirculación de lodos activados varía en cada instalación y con los diversos factores de carga.

En la figura 10 se ilustra el tanque de lodos activados con difusores.

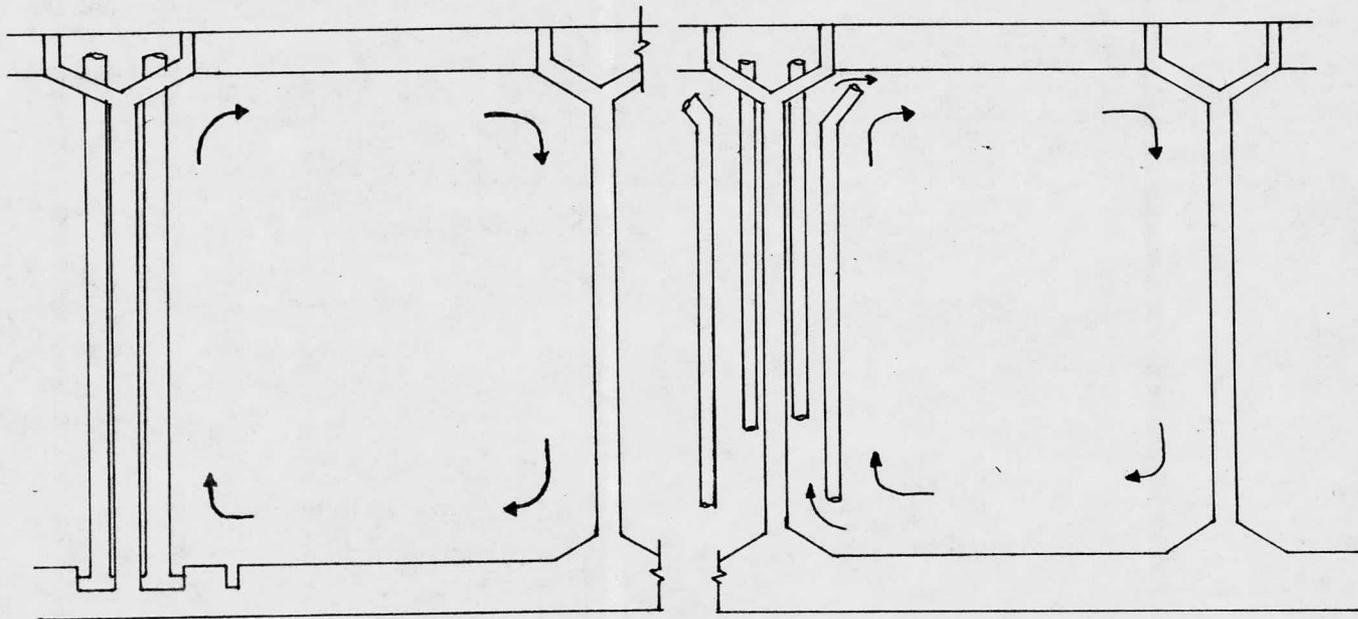
### 3.2 Filtros percoladores o biofiltros

Este filtro presenta el inconveniente de las grandes superficies que ocupan, además de la costosa construcción de los mismos; no obstante, estos son empleados a menudo.

Un biofiltro es un dispositivo que pone en contacto a --

ALIMENTACION DE AIRE

ALIMENTACION DE AIRE



TANQUE DE LODOS ACTIVADOS CON DIFUSORES

Las aguas residuales con cultivos biológicos, siendo por lo tanto, un lecho de oxidación biológica.

El efluente es inicialmente rociado sobre un lecho de roca triturada o cualquier otro medio filtrante, el cual se encuentra cubierto por una película de cultivos biológicos, ya sea bacterias, hongos o protozoarios. Esta película es aerobia y generalmente de .1 a .2 mm de espesor. La siguiente zona, o sea el medio, es anaerobio, de modo que cuando el agua fluya por la película, la materia orgánica es metabolizada rápidamente; además, los sólidos -- son absorbidos también de manera rápida dentro de la superficie.

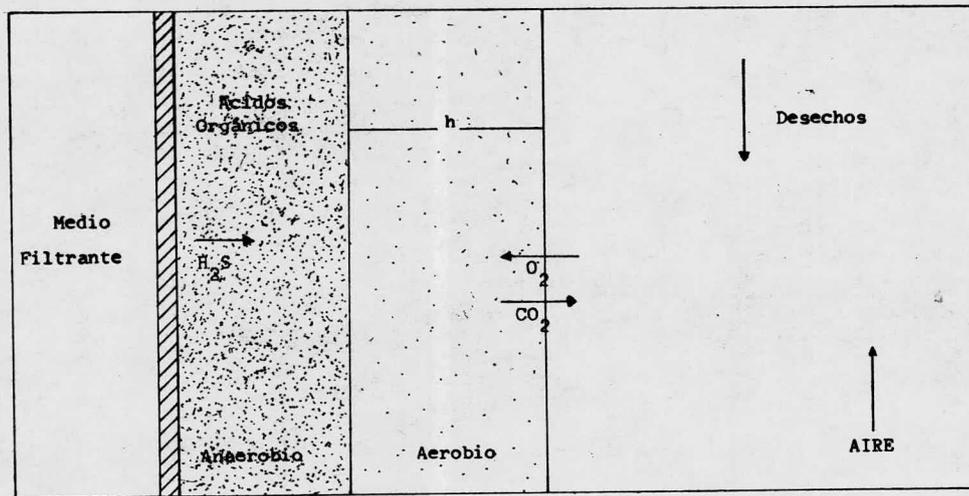
Esta operación tiende a desaparecer.

La representación esquemática de un biofiltro es presentada en la figura número 11.

En la figura 12 es presentado otro tipo de biofiltro.

El oxígeno que consume el cultivo agota el de la película líquida y debe ser restituido nuevamente por la absorción del oxígeno atmosférico, siendo así el aire un factor determinante durante el proceso y cuando hay alguna inhibición en la aereación de la cama, se generan condiciones anaerobias que resultan indeseables.

Las características de trabajo para un biofiltro estándar son:



BIOFILTRO

Fig. 11

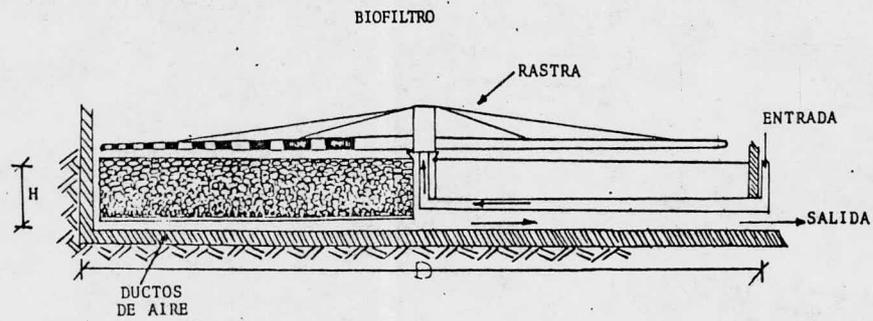


Figura 12

jardín. En el interior del biofiltro se encuentran canales periféricos para la introducción del aire, para mantener los microorganismos que se desarrollan en las piedras.

### Biofiltros secundarios

Son iguales en dimensiones y funcionamiento a los primarios y su función es completar la remoción de la materia orgánica. Ya que cuando salen de estas dos unidades, se tienen valores del 50% de remoción de DBO.

En este tipo de sistemas se cuida mucho la temperatura que debe ser de 20 a 35°C; un valor de pH de 6.5 a 8.0 para que los microorganismos puedan sobrevivir, así también se vigila la cantidad de oxígeno disuelto para las bacterias aeróbicas.

### 3.3 Lagunas de estabilización

Estas lagunas, son sistemas de tratamiento de aguas que dependen del tipo de efluente y calidad del agua. Reciben distintos nombres dentro de los cuales se tienen: lagunas de oxidación, lagunas de aguas negras y tanques de oxidación.

Las lagunas de estabilización representan uno de los tipos más importantes, entre los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los desechos son tratados por procesos naturales que ac

túan simultáneamente. Los sólidos pesados se depositan en el fondo donde son descompuestos por las bacterias, el material más ligero que queda en suspensión es desdoblado por las bacterias en suspensión.

El proceso depende del aprovechamiento en la degradación de materia orgánica por las bacterias y el suministro de oxígeno - por las algas.

El enlagueamiento de aguas residuales como un proceso -- completo del tratamiento, ofrece las siguientes ventajas, siempre y cuando el precio del terreno no sea caro y esté localizado fuera de áreas residenciales o recreativas.

- a) No se requiere equipo caro.
- b) No se necesita personal de operación altamente capacitado.
- c) Su construcción es económica.
- d) Proporciona tratamiento igual o superior al de algunos procesos convencionales.
- e) Se adapta a fluctuaciones en carga.
- f) De todos los procesos de tratamiento es el que menos problemas presenta cuando se utiliza correctamente, con la condición de que no se requiera un efluente de alta calidad.

#### 4.- Tratamiento terciario o avanzado

Este tratamiento solo se mencionará muy brevemente, ya que se encuentra fuera de los objetivos del trabajo.

El tratamiento terciario se ocupa principalmente para obtener agua potable, cuando se utilizan procesos de desinfección.

Cabe hacer notar que en este momento a la industria solo le interesa que sus efluentes cumplan con los parámetros que se requieren en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

Los principales procesos de este tratamiento son:

- Carbón activado
- Intercambio iónico
- Filtros de arena
- Filtros de membrana
- Cloración

CAPITULO VIII  
TRATAMIENTO PROPUESTO

Se ajusta el  $pH$  con ácido sulfúrico a un valor de 9.

**DESARENADOR**

**Objetivo:**

Eliminar las partículas de un diámetro mayor de .21 mm por sedimentación. Este objetivo se logra regulando la velocidad de arrastre, para que se depositen las partículas, con una densidad mayor que la de la mezcla acuosa.

**Finalidad:**

Evitar el exceso de materia sedimentable, en los siguientes procesos. Evitar daños en el equipo subsecuente.

**Características de las partículas arenosas:**

Tamaño de partícula: .21 mm de diámetro.

Gravedad específica: 2.65 a 15.5°C.

Velocidad de sedimentación: 2.18 cm/s

Velocidad del agua: 30 cm/s

Carga de arena: .08 m<sup>3</sup>/1000 m<sup>3</sup> de aguas residuales.

## CALCULO DE REJILLAS Y CANAL

Condiciones:

a) El claro libre de las rejillas debe ser de 5 cm

b) La velocidad de cruce en las rejillas debe ser

$$> 60 \text{ cm/s}$$

c) La velocidad debe de ser tal, que no destrampe lo atrapado entre las rejas.  $V \leq 75 \text{ cm/s}$

d) Se colocarán las rejillas con una inclinación de  $45^\circ$  con respecto a la vertical, pudiéndose efectuar así la limpieza mecánica.

$$V = 60 \text{ cm/s} \quad Q = .0694 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V} \quad A = \frac{.0694}{.6} = .1156 \text{ m}^2$$

Suponiendo una profundidad del canal de .9 m, la base del mismo será:  $B = \frac{A}{H} = \frac{.1156}{.09} = 1.284 \text{ m}$

Teniendo que:

$N = \text{No. de espacios de rejillas de } .006 \text{ m}$

$$B = N (.05) + (N-1) (.006)$$

$$1.284 = .05 N + .006 N - .006$$

$N = 23.03$  espacios; aproximadamente 23

$$N-1 = 22$$

$$N (.05) = 23 (.05) = 1.15 \text{ m}$$

$$N-1 (.006) = 22 (.006) = .132 \text{ m}$$

$$\text{Base del canal} = 1.282 \text{ m}$$

Comprobación de la velocidad entre rejillas

$$H = \frac{A}{B} = \frac{.1156}{1.282} = .090$$

$$A = B \times H = 23 (.05) .090 = .1036$$

Se tomará un 5% más del área como medida de seguridad

$$V_r = \frac{Q}{A} = \frac{.0694}{.1087} = .634 \text{ m/s}$$

Dimensiones del canal

$$\text{Base} = 1.282 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = .09 \text{ m}$$

$$\text{Borde} = .10 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = .19 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 3.0 \text{ m}$$

## DISEÑO DESARENADOR

Dentro de este inciso se consideraron los desarenadores y canales Parshall, teniendo en cuenta que sus dimensiones no varían directamente con el flujo y no existiendo limitaciones en cuanto al tamaño de cámaras desarenadoras. Basándose principalmente en la facilidad de operar las compuertas manualmente,

### Consideraciones de diseño:

Cantidad de arena	.08 m <sup>3</sup> / 1 000 m <sup>3</sup>
Tamaño de partículas	mayores de .2 mm
Velocidad del agua en las cámaras	.30 m/s
Velocidad de sedimentación de las partículas	2.1 cm/s
Gravedad específica de las partículas	2.65 a 25 <sup>o</sup> C
Tiempo de retención por el desarenador	20 a 60 segundos

Los canales Parshall se calcularon variando el ancho de la garganta hasta obtener un tirante agua arriba, adecuado para el correcto funcionamiento del desarenador.

En las tablas # 18 y 19 se dan las dimensiones de los -

desarenadores y canales Parshall y en las figuras 13 y 14 estas --  
dimensiones se presentan en forma objetiva.

En este proceso se elimina el 90% de los sólidos sedimen  
tables:

$19.5 - 1.95 = 17.55$  ml/l que se remueven, representados  
como lodos.

W	=	.10
a	=	14.00
b	=	15.20
c	=	1.05
e	=	1.70
f	=	1.40
D	=	.28
S	=	.17
B <sub>r</sub>	=	.30
B <sub>t</sub>	=	.60
H <sub>t</sub>	=	1.30

DIMENSIONES EN METROS

TABLA # 18

W	=	.10
H <sub>t</sub>	=	1.30
A	=	.52
B	=	.51
C	=	.28
D	=	.28
E min.	=	.26
F	=	.15
G	=	.45
K	=	.025
N	=	.057

DIMENSIONES EN METROS

TABLA # 19

Glosario de la tabla # 18

Unidad : metros

- a : Longitud de las cámaras desarenadoras
- b : Longitud total del desarenador
- c : Longitud de la transición
- e : Ancho total del desarenador
- f : Longitud total del canal Parshall
- D : Dimensión inicial del canal Parshall después de la Transición
- S : Altura del escalón de las cámaras desarenadoras
- Br : Ancho de la altura del escalón de las cámaras desarenadoras
- B<sub>t</sub> : Es la suma total de los anchos de las cámaras desarenadoras para un arreglo particular
- H<sub>t</sub> : Altura total de los muros exteriores del desarenador

Glosario de la tabla # 19

Los valores de W, H<sub>t</sub> y D son los mismos ya descritos.

- A : La longitud de transición y horizontal del canal - Parshall
- B : Es la misma longitud, pero normal al flujo de la corriente

- C : Ancho de la salida del canal
- E min: Altura mínima libre del muro en el desarenador
- F : Longitud de la garganta
- G : Longitud de la transición de salida del canal
- K : Desnivel entre la zona horizontal del canal y -  
el final de la transición de salida
- N : Desnivel entre el punto más alto y el más bajo-  
de la garganta del canal

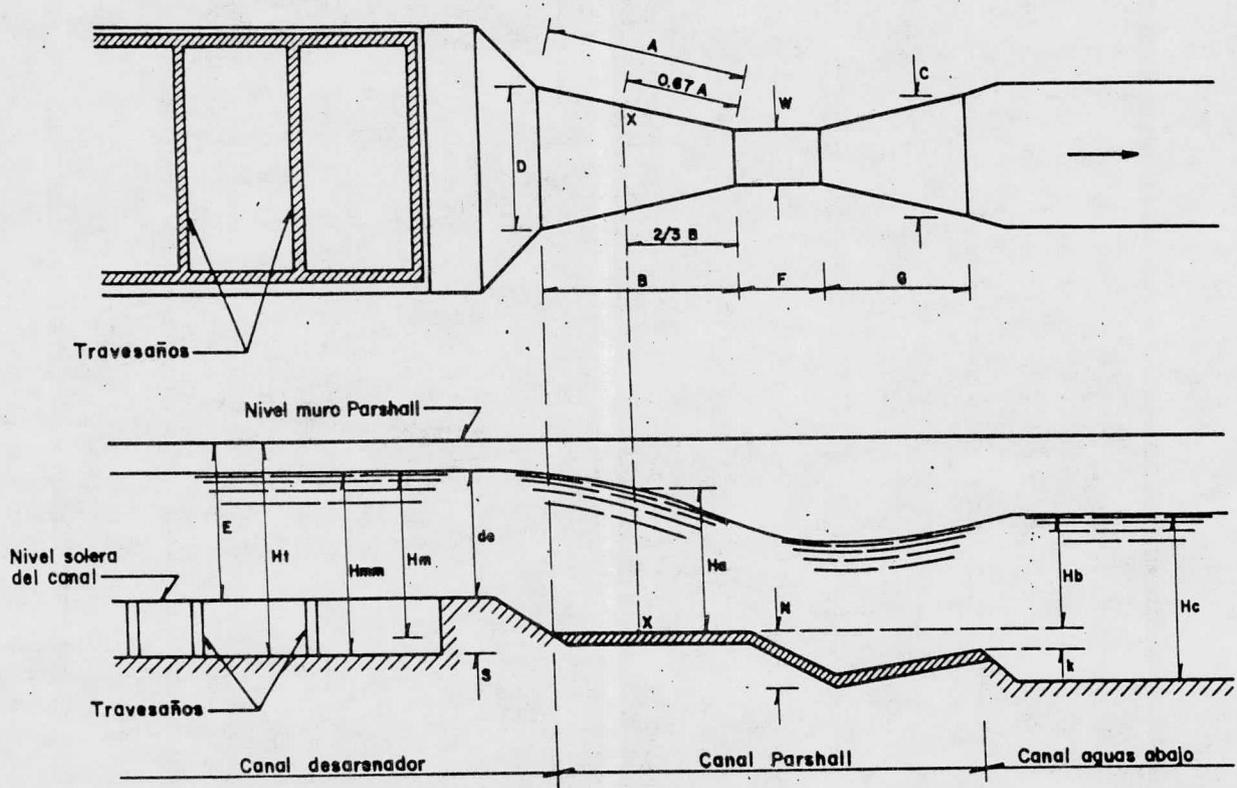


FIGURA 13

$$B_t = \sum B_r$$

$$H_t = H_{mm} + \text{Bordo libre}$$

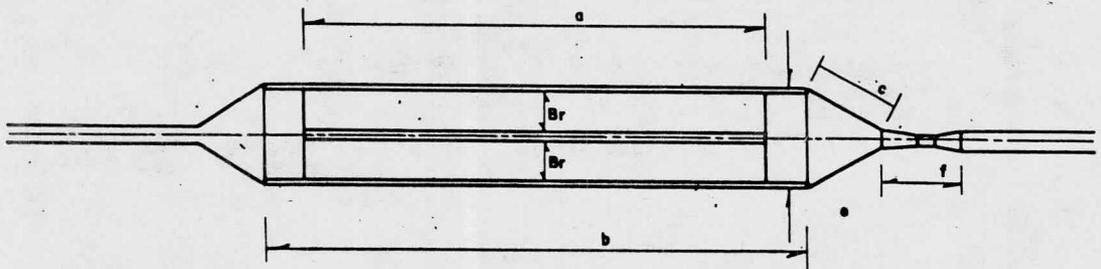


FIGURA 14

CALCULO DEL SEDIMENTADOR

$$\text{Area} = \frac{\text{flujo}}{\text{carga sup}} = \frac{6\,000 \text{ m}^3/\text{día}}{33} = 181.81 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro} = D^2 = \frac{4 A}{\pi} = \frac{4 (181.81)}{3.1416}$$

$$D = 15.214 \text{ m}$$

Capacidad del tanque para 2.5 horas de retención

$$V = \frac{2.5 (6\,000)}{24} = 625 \text{ m}^3$$

Profundidad requerida

$$H = \frac{V}{S} = \frac{625}{181.81} = 3.437 \text{ m}$$

Filtros al vacío

Producción de lodos; se considera una remoción del 55% - de sólidos suspendidos.

$$385 \frac{\text{mg}}{\text{l}} (.55) 6\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1\,000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1\,000\,000 \text{ mg}} = 1270.5 \text{ Kg/día}$$

$$\text{Capacidad} = 30 \text{ kg/hr/m}^2$$

$$\text{Area necesaria} = \frac{1270.5}{30 (24)} = 1.764 \text{ m}^2$$

Area necesaria = (1.5) área del proyecto = (1.787) (1.5) = 2.68 m<sup>2</sup>

Capacidad de la bomba para el manejo de lodos

Cantidad de lodos 1236.7 Kg/día 5%

Por ciento de agua: 95%

Cantidad de lodos y agua = 25 734 Kg/día

Gravedad específica: 1.02

Flujo de la mezcla: 24 734.7 l/día

Se recomiendan las siguientes dimensiones para el tanque sedimentador

Pendiente en el fondo 1:12

Pared libre (m) .85

Pozo colector de natas(m) 1.50 x .70

Canales colectores (m) .40 x .40

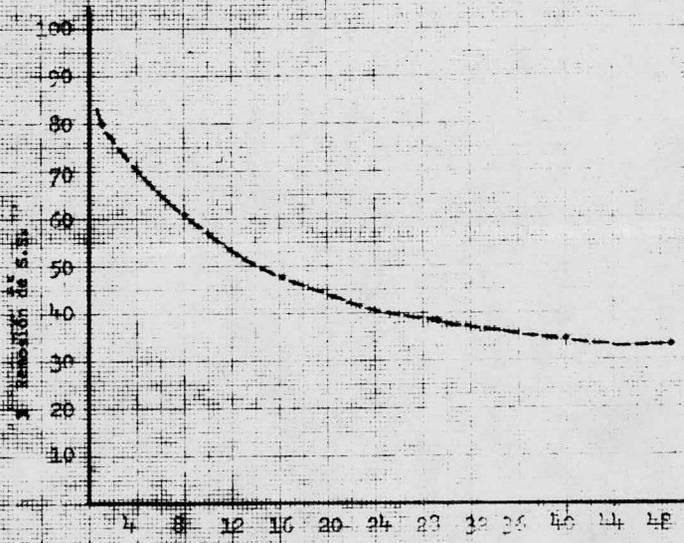
Se considera una remoción de la DBO del 42%

DBO

Influente 883.0 mg/l

Efluente 512.14 mg/l

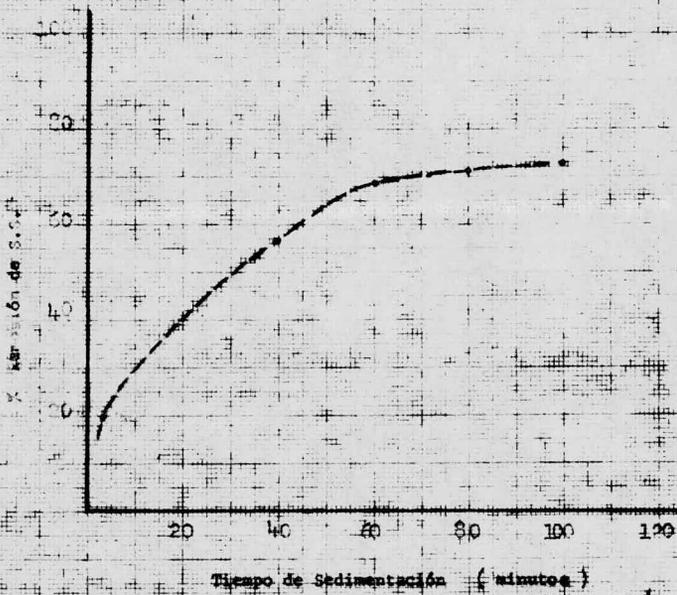
### COMPORTAMIENTO DE LAS LAGUNAS DE SEDIMENTACION

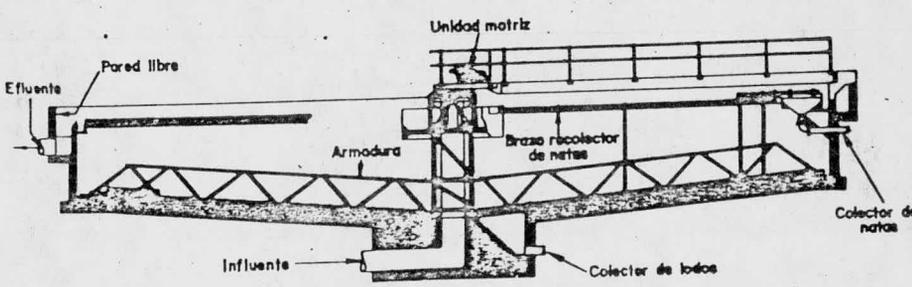
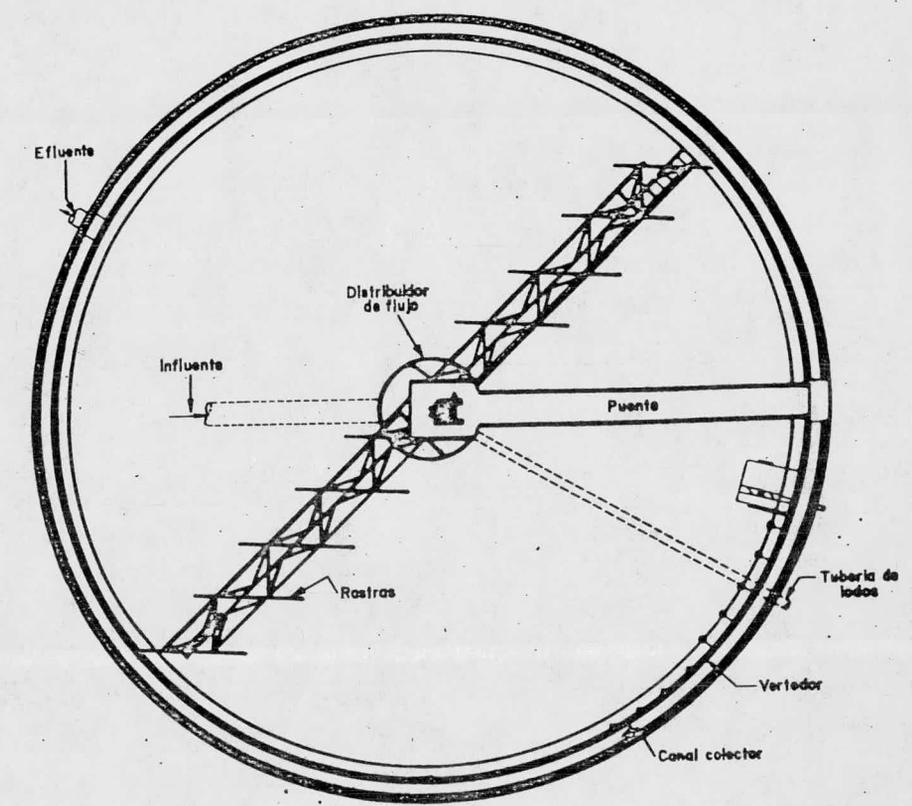


CONDICION A

CONDICION B  
NEUTRA

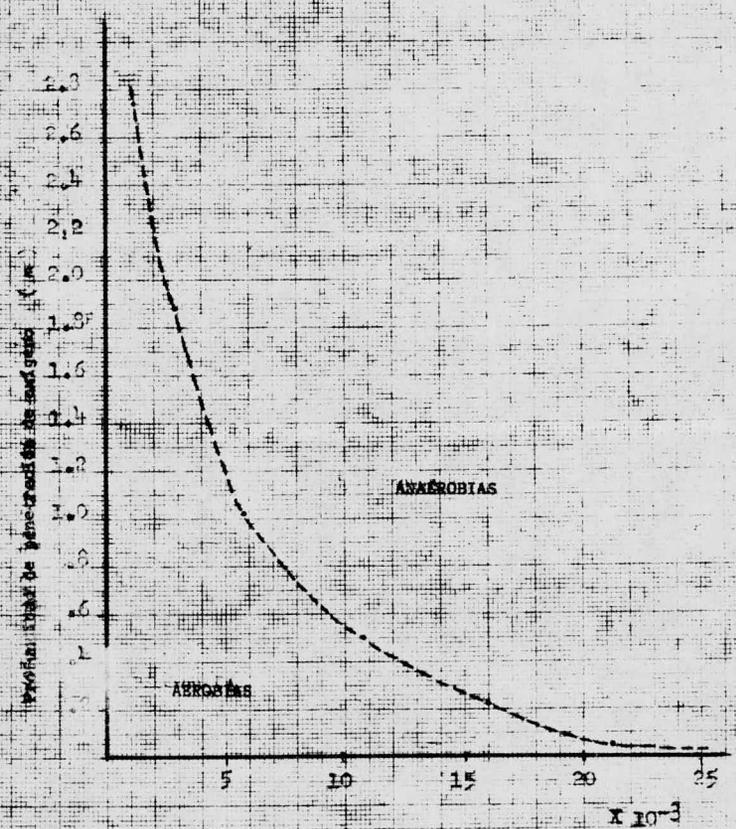
# COEFICIENTE DE LAS LAGUNAS DE SEDIMENTACION





SEDIMENTACION SIMPLE

COMPORTAMIENTO DE LAS LAGUNAS FACULTATIVAS



10-1988-214

Influyente 385 mg/l

Efluente 173.2 mg/l

En esta operación son eliminados todos los sólidos sedimentables.

#### LAGUNA FACULTATIVA

Para el diseño de estas lagunas, se siguió el procedimiento empírico, desarrollado por Hermann y Gloyna quienes encontraron esta ecuación

$$V = (3.5 \times 10^{-5}) Q La e^{(35 - T_m)}$$

$$K = (3.5 \times 10^{-5}) Q La 0$$

V = Volumen de la laguna (m<sup>3</sup>)

Q = Gasto l/día

La = Carga orgánica en el influente

e = Coeficiente de temperatura de reacción - 1.085

T<sub>m</sub> = Temperatura media del agua en el mes más frío que es de 12°C

h = Es la altura recomendada del tanque, que puede variar de: .91m a 1.82 m

Los valores encontrados son los siguientes:

e(35-12) : 6.53

Volumen requerido (m<sup>3</sup>) : 581 118.

Dimensiones a nivel largo : 451.06

de agua (m) ancho : 225.53

Altura (m) : 1.75

Carga superficial : 76.44

Tiempo de retención en días : 30

Dimensiones a nivel largo : 455.5

de la corona (m) ancho : 203.03

Con esto se logra una eficiencia del 85% en la remoción de la DBO; quedando tan solo 76.84 mg/l

## CAPITULO IX

### CONCLUSIONES

1.- Se pretende dar a los efluentes de aguas residuales de la industria cervecera, un tratamiento al agua para que cumpla con los lineamientos establecidos por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, notificados en el reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

2.- El reglamento pretende evitar que las aguas residuales no sean nocivas para el país, manifestando problemas económicos, sociales y de salud pública.

3.- Tener otra posibilidad de abastecimiento de agua, -- volviendo a usar el agua contaminada, siempre y cuando se ocupe correctamente, o bien acondicionándola para las necesidades inmediatas de acuerdo a un estudio económico.

4.- Llevar a cabo obras de esta naturaleza son vitales -- para preservar las condiciones ambientales de la región, logrando con esto:

a) El equilibrio ecológico en los cuerpos de agua receptores.

b) Favorecer el desarrollo económico y social del país.

5.- Tratar de unir los adelantos técnicos, así como expe-

riencias, para de tal manera hacer del proceso una serie de alternativas para decidir el destino de la calidad de los efluentes. Para esto es necesario contar con el apoyo de las personas que deciden las operaciones de la compañía.

6.- Es fundamental el contar con personal capacitado para llevar a cabo estos estudios, así también, el contar con equipo y material de laboratorio para los análisis concernientes al conocimiento real de las descargas.

- MORRIS JACOBS  
The Chemistry & Technology of Food & Food Products  
Editorial Mac. Graw Hill  
Nueva York, 1968.
  
- PATRICK R. DUGAN  
Biochemical Ecology of Water Pollution  
Editorial Plenum Press; 2a. Edición  
Nueva York, 1972.
  
- R.E. KIRK, D.F. OTTNER... Tr O.G. CARRERA  
Enciclopedia de Tecnología Química  
Editorial UTEHA  
México, 1961
  
- REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMI-  
NACION DE AGUAS  
Diario Oficial; 29 de marzo de 1973  
México, 1973
  
- SANTIBÁÑEZ MATA CARLOS MARIO  
Contaminación de las Aguas Superficiales y Proposición  
para su Control  
Tesis Profesional; I.P.N.  
México, 1976.

## BIBLIOGRAFIA

- BARNES, GEORGE E.  
Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales  
Editorial UTEHA  
México, 1974
- CENTRO DE INVESTIGACION Y ENTRENAMIENTO; CIECCA; SARH.  
Manual del Curso de Análisis de Aguas y Aguas de Desecho. Volúmenes I y II.  
México, 1977
- CENTRO DE INVESTIGACION Y ENTRENAMIENTO; CIECCA; SARH.  
Manual del Curso de Técnicas de Muestreo y Análisis de Campo  
México, 1977
- DOUGLAS M. CONSIDER  
Chemical & Process Technology  
Editorial Mac. Graw Hill  
Nueva York, 1977.
- FACULTAD DE INGENIERIA.- DIVISION DEL DOCTORADO.- DEPTO DE INGENIERIA SANITARIA.  
Apuntes del Curso Intensivo No. 2, Plantas de Tratamiento de Agua. Volumen 2.  
Sección Editorial - S.A - U.N.A.M.  
México, 1964.

- GORDON H. FAIR, JOHN C. GEYER, DANIEL A. OKUN  
Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Tomo II.  
Editorial Limusa Wiley  
México, 1974
- HISCOX & HOPKINS  
Recetario Industrial  
Editorial Gustavo Gili  
México, 1977.
- JAMES A. KENT  
Química Industrial de Riegel  
Editorial Grijalvo  
México, 1964.
- JAMES, E. BAILEY & DAVID FOLLIS  
Biochemical Enginery Fundamental  
Editorial Mac. Graw Hill  
Nueva York, 1977.
- LEGISLACION PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACION AMBIENTAL  
Diario Oficial; 23 de marzo de 1971.  
México, 1971

- UNDERKOFFER, LELAND ALFRED

Industrial Fermentations. Volumen I.

Editorial Chemical Publishing Co, Inc.

Nueva York, 1964.