

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**



***DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA  
DEL PROCESO Y LLENADO ASÉPTICO DE BEBIDAS LÁCTEAS  
Y JUGOS DE FRUTA RECONSTITUIDOS***

Trabajo de graduación presentado por :  
***MARÍA ISABEL MORALES MORALES***  
para optar al grado académico de :  
**LICENCIADA EN INGENIERÍA QUÍMICA**

GUATEMALA  
2002



***DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA  
DEL PROCESO Y LLENADO ASÉPTICO DE BEBIDAS LÁCTEAS  
Y JUGOS DE FRUTA RECONSTITUIDOS***

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**



***DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA  
DEL PROCESO Y LLENADO ASÉPTICO DE BEBIDAS LÁCTEAS  
Y JUGOS DE FRUTA RECONSTITUIDOS***

Trabajo de graduación presentado por :  
***MARÍA ISABEL MORALES MORALES***  
para optar al grado académico de :  
**LICENCIADA EN INGENIERÍA QUÍMICA**

GUATEMALA

2012

Vo. Bo. :

(f)

(+)

Ing. Edwin Rudy Gutierrez Toscano

Tribunal Examinador :

(f)

(+)

Ing. Edwin Rudy Gutierrez Toscano

(f)

Ing. Gamaliel Zambrano

(f)

(+)

Ing. Eduardo Calberón

Guatemala, 16 de Octubre de 2002

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ESQUEMAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
RESUMEN .....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
3. JUSTIFICACIÓN .....	31
4. OBJETIVOS .....	32
5. PROBLEMA A RESOLVER .....	33
6. METODOLOGÍA.....	34
7. RESULTADOS .....	35
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
9. CONCLUSIONES .....	51
10. RECOMENDACIONES.....	52
11. BIBLIOGRAFÍA .....	53
12. ANEXO A .....	54
13. ANEXO B.....	61

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

<b>1. ESQUEMA 41:</b>	
Sistema de llenado aséptico .....	55
<b>2. ESQUEMA 42:</b>	
Instalación de tratamiento térmico de bebidas ácidas.....	55
<b>3. ESQUEMA 43:</b>	
Capas que componen el material del que están hechos los envases para llenado aséptico .....	56
<b>4. ESQUEMA 44:</b>	
Principio de funcionamiento de una llenadora aséptica .....	56
<b>5. ESQUEMA 47:</b>	
Regulación del nivel de líquido en una llenadora aséptica .....	58
<b>6. ESQUEMA 48:</b>	
Sistema de aire estéril en una llenadora aséptica .....	59
<b>7. ESQUEMA 49:</b>	
Envasadora aséptica.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

**1. FIGURA 45:**

Vistas generales y parciales de la envasadora aséptica .....57

**2. FIGURA 46:**

Envases asépticos de diversas formas y volúmenes .....57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>1. TABLA No. 1:</b>	
Ventajas vrs. desventajas de diferentes filtros particulados .....	62
<b>2. TABLA No. 2:</b>	
Orgánicos volátiles con 99% de remoción por GAC.....	64
<b>3. TABLA No. 3:</b>	
Prácticas recomendadas por la IBWA para asegurar que un sistema de filtro GAC logre reducciones por debajo de 10 ppb de TTHM.....	64
<b>4. TABLA No. 4:</b>	
Pasos para la regeneración con vapor de la cama de GAC.....	66
<b>5. TABLA No. 5:</b>	
Nombres comerciales para resinas de intercambio de iones.....	67
<b>6. TABLA No. 6:</b>	
Orden general de la selectividad de iones en agua por debajo de 1,000 Mg/L STD .....	68
<b>7. TABLA No. 7:</b>	
Etapas de retrolavado, regeneración y enjuague de una unidad de Desionización .....	69
<b>8. TABLA No. 8:</b>	
Problemas comunes en unidades de desionización .....	69

## RESUMEN

El uso de técnicas de procesamiento y llenado aséptico asegura la producción de jugos de fruta con un alto estándar de calidad. Manteniendo dichos estándares por un período prolongado de tiempo y haciéndolos disponibles durante toda la época del año. La técnica que se utiliza es obtener jugos reconstituidos a partir de concentrados. La reconstitución se logra agregándole agua al concentrado, con el propósito de devolverle al concentrado las características que poseía originalmente, como jugo. Sin embargo una variable crítica para realizar con éxito el procesamiento y llenado aséptico es el agua que se utilice para la reconstitución.

Una empresa ubicada en la zona 12 de la capital utiliza esta técnica de procesamiento y llenado aséptico. La fuente de agua de proceso es un pozo, según los análisis realizados a ésta agua, se determinó que posee residuales de Nitrato, Boro y Cobre arriba del límite máximo aceptable, además no se cuenta con un tratamiento que asegure que se mantengan los parámetros microbiológicos por debajo del límite aceptable.

Para solucionar el problema, se propuso la instalación de un sistema de tratamiento de agua previo a ser utilizada en el proceso. Este sistema cuenta con las siguientes etapas: cloración, filtración particulada, filtración con carbón activado, desionización, almacenamiento de agua tratada, filtración final y desinfección UV.

El sistema propuesto logra proveer de agua libre de microorganismos patógenos y con un contenido de Nitrato, Boro y Cobre debajo del límite máximo permisible.

El sistema se diseñó de acuerdo a los requerimientos para el agua de proceso, siendo cada una de estas etapas analizadas en detalle en la discusión de resultados.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en diseñar un sistema de tratamiento de agua que a partir del agua de un pozo ubicado en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, provea agua con las características fisicoquímicas y bacteriológicas necesarias para ser empleada como agua de proceso, para una planta que procesa jugos de fruta y bebidas lácteas mediante técnicas de procesamiento y llenado aséptico.

El desarrollo del trabajo requiere que inicialmente se efectúe un análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua del pozo que sirve como fuente, determinando en esta parte los parámetros a evaluar para la definición de las etapas del Sistema de Tratamiento.

Al identificar los tipos y cargas de elementos no deseados en el agua del pozo, se evaluó y seleccionó el equipo, que actualmente ofrece el mercado, para cada etapa del Sistema de Tratamiento del Agua. La selección se basó en el requerimiento que se tiene de las características del agua que será utilizada para el proceso. Después de la selección de cada etapa, se diseñó el sistema analizando cada una de las etapas, con el fin de alcanzar la calidad de agua que cumpla con los requerimientos definidos para un agua que va a ser utilizada para el procesamiento y llenado de jugos de fruta y bebidas lácteas reconstituidos, mediante las técnicas de envasado aséptico.

## II. ANTECEDENTES

### A. AGUA USADA PARA LA RECOMBINACIÓN DE LECHE

El agua usada para la recombinación de productos lácteos presenta algunos puntos de interés. Muchos microorganismos patógenos son capaces de reproducirse rápidamente en leche recombinada, ya que es un medio ideal para su crecimiento, particularmente si es expuesto a cualquier abuso de tiempo/temperatura. Debido a que la pasteurización no destruye la mayoría de toxinas producidas por los microorganismos antes del proceso de pasteurización, esta agua necesita ser aún más segura que el agua de beber ordinaria, que no provee la alta densidad de nutrientes como la leche. Estos productos a base de leche deben proveer la mayoría de los requerimientos de líquido total y alimento de niños y jóvenes. (1) Toda el agua usada para recombinación de leche debe ser potable (agua de calidad para beber) y libre de microorganismos patógenos. La calidad del agua potable es fuertemente regulada en la mayoría de países. Cuando la recombinación es hecha por el consumidor y la calidad del agua es cuestionable, el agua debe ser hervida siempre antes de usarse. (1) Aquí se presentan algunas guías para las fuentes de agua usada en la recombinación de leche. Las desviaciones a estas guías pueden ser necesarias, dependiendo de cada país consumidor. Las variaciones pueden ser causadas por un número de factores, tales como<sup>1</sup>:

- ◆ Regulaciones y Estándares Nacionales / regionales / locales.
- ◆ La exigencia / condescendencia con estas Regulaciones / Estándares.
- ◆ Cantidad de agua disponible vrs. La demanda de agua (Cuando la demanda excede el abastecimiento, las personas se ven forzadas a usar agua de calidad inferior).
- ◆ Calidad del agua disponible.

---

<sup>1</sup> Basado en parte en: *Manual of Individual Water Supply Systems*, United States of America, Environment Protection Agency, Office of Drinking Water, October 1982.

- ◆ Facilidades del mantenimiento de tratamientos de agua.
- ◆ Sistemas de distribución, por ejemplo: juntas sin soldar, tuberías de plomo que acarrearán agua corrosiva – con plomo.
- ◆ Uso de la tierra, donde se vierte el agua.
- ◆ Fuente del agua, por ejemplo: agua superficial o agua subterránea.
- ◆ Suministro de agua a un costo razonable y distribuida en una ubicación conveniente para el usuario. (6)

## B. FUENTES DE AGUA

Las fuentes de agua se dividen en dos grandes categorías: agua subterránea y agua superficial. (6)

- ◆ **Agua subterránea** es el agua que se ha infiltrado a través del suelo / rocas porosas / fisuras hasta niveles donde todas las aberturas o vacíos son llenados con agua. Esta también es conocida como la “zona de saturación” o manto acuífero. (6)

Esta se puede romper más adelante, e.d. el agua subterránea se puede hacer disponible por medio de pozos no artesanales (agua de tabla) o artesanales, o por medio de nacimientos por gravedad o artesanales. (6)

- ◆ **Agua superficial** es el agua que deriva de la lluvia, neblina, brisa, nieve, rocío, etc. Que no entra a través de la tierra por infiltración o que no retorna a la atmósfera por evaporación. El agua subterránea que alimenta riachuelos, ríos, estanques, represas, o lagos a partir de nacimientos, pozos artesanales, fuentes de agua de desechos, etc. Se convierten en agua superficial en ese punto. (6)

Estas fuentes de agua subterránea más la licuefacción de la nieve y de glaciares provee el clima seco o la base del fluido de ríos y arroyos. (6)

### **C. CALIDAD DEL AGUA**

La precipitación en forma de lluvia, nieve, granizo y nieve derretida, contiene pocas impurezas. Esta contiene cantidades en trazas de minerales, gases y otras sustancias mientras se forma y cae a través de la atmósfera. La precipitación, sin embargo, virtualmente no contiene bacterias. (6)

Una vez la precipitación alcanza la superficie de la tierra, se presentan muchas oportunidades para la introducción de minerales y sustancias orgánicas, microorganismos y otras formas de contaminación<sup>1</sup>. Cuando el agua corre sobre o a través de la superficie, esta recoge partículas del suelo y se vuelve turbia. También recoge partículas de material orgánico y bacterias. Mientras el agua superficial se infiltra en el suelo y a través de las capas inferiores hacia el manto acuífero. La mayoría de las partículas suspendidas son eliminadas por filtración. (6)

Esta filtración natural a de ser parcialmente efectiva en la remoción de bacterias y otros materiales particulares; Sin embargo, las propiedades químicas del agua van a cambiar y variar ampliamente cuando esté en contacto con depósitos minerales. Se deben realizar análisis químicos y bacteriológicos por un departamento de salud o por un laboratorio comercial. (6)

---

<sup>1</sup> Contaminación se usa en este texto significando la presencia en el agua de cualquier sustancia extraña (orgánica, inorgánica, radiológica o biológica) lo cual tiende a bajar su calidad al punto que constituye un daño a la salud o pierde las propiedades útiles del agua. Se usaría la palabra Contaminación, en este texto, esencialmente con el mismo significado.

El amplio uso de síntesis de compuestos químicos, incluyendo pesticidas ha causado un nuevo interés en la calidad del agua. Muchos de estos materiales son reconocidamente tóxicos y otros tienen ciertas características indeseables que interfieren con el uso del agua aún cuando estén presentes en concentraciones relativamente bajas. En los últimos años entidades de Contaminación de Agua han encontrado trazas de detergentes sintéticos en desagües y aguas de desecho. Toda fuente de agua subterránea o superficial debe localizarse a una distancia segura de fuentes de contaminación. Sin embargo, en los casos donde las fuentes están severamente limitadas, un manto acuífero subterráneo que podría haberse contaminado se puede considerar para el suministro del agua si se provee de un tratamiento. Después de haber tomado la decisión de la localización de la fuente de agua en un área, se debe determinar la distancia de la fuente hasta el origen de la contaminación y la dirección del movimiento del agua. (6)

Consecuentemente, en el desarrollo de un sistema individual de abastecimiento de agua, es necesario examinar cuidadosamente todas las características que pueden afectar adversamente el intento de usar una fuente de abastecimiento de agua, incluyendo:

- ◆ **Físicas.** Las características físicas relacionadas con la calidad del agua para procesamiento de alimentos y para uso doméstico, son usualmente asociadas con la apariencia, color o turbidez, temperatura, sabor y olor. (6)
- ◆ **Químicas.** Las diferencias químicas entre un tipo y otro de agua son algunas veces evidenciadas por las reacciones observadas, como la acción comparativa del agua dura y el agua suave en una lavandería. (6)

- ◆ **Biológicas.** Los agentes biológicos son muy importantes con relación a la salud pública y también pueden modificar significativamente las características físicas y químicas del agua. (6)
- ◆ **Radiológicas.** Los factores radiológicos deben ser considerados en áreas donde el agua pudo haber estado en contacto con sustancias radioactivas. (6)

**1. Características físicas.** El agua debe estar libre de impurezas que sean ofensivas a los sentidos de la vista, sabor u olor. Las características físicas del agua incluyen turbidez, color, sabor y olor, temperatura y formación de espuma: (6)

- ◆ **Turbidez.** La presencia de material suspendido como material orgánico finamente dividido, plancton, arcilla, lodo y otro material inorgánico en el agua es conocido como turbidez. Las unidades de turbidez son fácilmente observadas en un vaso de agua y son generalmente objetables por razones estéticas. (6)

La arcilla y otras partículas inertes suspendidas en el agua de beber no afectan adversamente la salud, pero el agua que contenga tales partículas requiere de tratamiento para hacerla adecuada para su uso pretendido. Después de llover, las variaciones en la turbidez del agua subterránea puede ser un indicador de contaminación, superficial o introducida de otra forma. (6)

- ◆ **Color.** El material orgánico disuelto, de vegetación en descomposición, y cierto material inorgánico causan color en el agua. Ocasionalmente, un excesivo brote de algas o el crecimiento de microorganismos acuáticos pueden impartir color. El color no es usualmente objetable desde el punto de vista de salud, pero si es objetable desde el punto de vista estético y sugiere que el agua necesita un tratamiento adecuado. (6)

- ◆ **Sabor y olor.** El sabor y olor en el agua pueden ser causados por material extraño como compuestos orgánicos, sales inorgánicas, o gases disueltos. Este material puede provenir de fuentes domésticas, agrícolas o naturales. Un agua aceptable debe estar libre de cualquier sabor u olor según su uso. Es importante conocer la calidad química de la fuente de agua para determinar el tipo de tratamiento, si se requiere de alguno, para hacer el agua aceptable para procesamiento de alimentos o para uso doméstico. (6)
- ◆ **Temperatura.** La mayoría de agua deseable para beber es consistentemente fresca y no tiene fluctuaciones de más de unos cuantos grados. El agua subterránea y el agua superficial de áreas montañosas generalmente alcanzan este criterio. La mayoría de personas encuentran que una temperatura entre los 50° y 60°F es la más agradable. (6)
- ◆ **Formación de espuma.** La formación de espuma puede ser a causa de entradas de detergentes en la fuente de agua. Los alquil bencen sulfonatos son degradados muy lentamente por la naturaleza. Los alquil sulfonatos lineales (LAS) son biodegradados más rápido. Sin embargo, aún los LAS no son degradados muy rápido en la ausencia de oxígeno, una condición que existe en lagunas de estabilización y en fosas sépticas. (6)

La espuma en el agua es usualmente causada por concentraciones de detergente mayores a 1 mg/lit. Aunque la espuma por sí misma no es dañina, el usuario debe entender que si suficiente detergente alcanza una fuente de agua como para causar presencia de espuma en un vaso de agua, existe la posibilidad que también estén presentes otro tipo de material dañino de origen de aguas de desagüe. (6)

**2. Características químicas.** La naturaleza de las rocas que forman la corteza terrestre no solo afecta la cantidad de agua que se puede recuperar sino también sus características. Mientras el agua superficial se infiltra hacia el manto acuífero, disuelve porciones de minerales contenidos por el suelo y las rocas. El agua subterránea, por tanto, contiene más minerales disueltos que el agua superficial. (6)

Las características químicas del agua en una localidad en particular se puede predecir algunas veces de los análisis de fuentes de agua adyacentes. Estos datos se encuentran disponibles en publicaciones. Si la información no se encuentra disponible, la fuente de agua debe ser químicamente analizada. Algunos departamentos de salud o de geología, como las universidades, colegios y muchos laboratorios comerciales, tienen la facilidad y son capaces de proveer este servicio. (6)

La información que se puede obtener de un análisis químico es la posible presencia de sustancias dañinas o desagradables, el potencial del agua de corroer las partes del sistema de tuberías de agua, y la tendencia del agua de incrustar. (6)

El tamaño de la muestra de agua requerida para el análisis y el método de colección deben estar de acuerdo con las recomendaciones de quien efectúe los análisis. (6)

A continuación, una discusión de las características químicas del agua basada en los límites recomendados por The U.S. Environmental Protection Agency<sup>2</sup>:

**a. Sustancias tóxicas.** El agua puede contener sustancias tóxicas en solución. Si los análisis de la fuente de agua muestran que estas sustancias exceden las siguientes concentraciones, la fuente de agua no debe ser usada:

---

<sup>2</sup> U.S. Environmental Protection Agency Office of Drinking Water, *National Interim Primary Drinking Water Regulations*. December 1975. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 20460.

**Tabla I. Concentraciones máximas permitidas de sustancias tóxicas en el agua.**

<b>Substancia</b>	<b>Concentraciones (mg/l)*</b>
Arsénico (As)	0.05
Bario (Ba)	1.00
Cadmio (Cd)	0.01
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	0.05
Plata (Ag)	0.05
Flúor (F)	**
Plomo (Pb)	0.05
Mercurio	0.002
Selenio (Se)	0.01

\* El término mg/l reemplaza el término “partes por millón (ppm).”

Para el agua los dos términos son equivalentes.

\*\* Tabla II.

Las concentraciones máximas de fluoruro dependen del promedio anual máximo de la temperatura diaria del aire, como se muestra en la Tabla II, porque la temperatura influye en la absorción del agua. (6)

**Tabla II. Concentración de flúor y temperatura.**

Promedio anual de temperatura máxima diaria de aire (°F)	Concentración de flúor máxima permitida (mg/l)
50.0 – 53.7	2.4
53.8 – 58.3	2.2
58.4 – 63.8	2.0
63.9 – 70.6	1.8
70.7 – 79.2	1.6
79.3 – 90.5	1.4

**b. Cloruros.** La mayoría de aguas contienen algo de cloruros. La cantidad presente puede ser causada por el lavado de depósitos marinos sedimentados, por contaminación con agua de mar, por salmuera, o desechos industriales y domésticos. Las concentraciones de cloruro mayores de aproximadamente 250 mg / l produce un sabor notable en el agua de beber. En áreas donde el contenido de cloruro es más alto que 250 mg / l y se alcanzan todos los otros criterios, sería necesario usar una fuente de agua que no exceda este límite. Un incremento en el contenido de cloruro en el agua indicaría posible contaminación con agua del alcantarillado, particularmente si se conoce que el contenido normal de cloruro debe ser bajo. <sup>(1)</sup>

**c. Cobre.** Se halla cobre en algunas aguas naturales, particularmente en áreas donde estos depósitos minerales se han minado. Se pueden encontrar cantidades excesivas de cobre en aguas corrosivas que pasan a través de cañerías de cobre. El cobre en cantidades

pequeñas no es considerado como dañino para la salud, pero imparte un sabor indeseable al agua de beber. Por esta razón el límite recomendable para el cobre es de 1.0 mg / l. (6)

**d. Fluoruros.** En algunas áreas, las fuentes de agua contienen fluoruros naturales. Donde las concentraciones se acercan al nivel óptimo, se han observado efectos beneficiosos en la salud. En dichas áreas, se ha encontrado que la incidencia de caries dental es menor que el de las áreas con carencia de fluoruro natural<sup>3</sup>. El nivel óptimo de fluoruro en un área dada, depende de la temperatura del área, la cual influye en la cantidad de agua que las personas consumen. Las concentraciones óptimas recomendadas son de 0.7 a 1.2 mg / l. El fluoruro excesivo en los suministros del agua para beber, puede producir fluorosis (manchado) de dientes, el cual se incrementa según se exceda el nivel óptimo de fluoruro. Los departamentos nacionales o locales de salud, por tanto, deben ser consultados para sus recomendaciones. (6)

**e. Hierro.** Cantidades pequeñas de hierro están presentes frecuentemente en el agua, debido a las grandes cantidades de hierro presentes en el suelo, además porque el agua corrosiva recoge hierro de cañerías. El hierro en el agua se considera inaceptable porque imparte un color café y puede afectar el sabor de las bebidas. (6)

**f. Plomo.** Una exposición corta o prolongada con el plomo, puede ser seriamente perjudicial a la salud. La exposición a cantidades relativamente pequeñas podría dar por resultado enfermedades serias o la muerte. El plomo ingerido en cantidades excesivas de ciertos límites relativamente bajos "normal" es un veneno acumulativo. No se debe exceder una concentración máxima de 0.05 mg / l de plomo en el agua. Puede existir un exceso

---

<sup>3</sup>Es conocido el hecho que la adición de aprox. 1 mg/l de fluoruro en los suministros de agua, previene la caries en niños. Algunos suministros de agua naturales ya contienen cantidades de fluoruro que excede las conc. óptimas recomendadas.

natural de plomo en la fuente de agua, pero la causa usual es el agua corrosiva en contacto con techos recubiertos con pintura que contiene plomo o por el uso de cañerías de plomo. Se deben corregir estas condiciones para proveer una fuente de agua segura. (6)

**g. Manganeseo.** Las dos razones para limitar la concentración de manganeseo en agua de beber son prevenir el daño estético y económico, además de evitar los posibles efectos fisiológicos por la ingestión excesiva. El usuario doméstico encuentra que el manganeseo produce un color café y daña el sabor de las bebidas. El límite recomendado de manganeseo es de 0.05 mg / l. (6)

**h. Nitratos.** El Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) ha causado metemoglobinemia (cianosis infantil o "enfermedad del bebé azul") en infantes a quienes se les ha dado agua o fórmulas alimenticias preparadas con agua que contiene nitratos. La leche reconstituida y el suministro del agua doméstico no deben contener concentraciones de nitratos de más de 45 mg / l (10 mg / l expresados como nitrógeno). Las concentraciones de nitrato arriba de lo normal, a menudo se hallaban en pozos poco profundos, lo cual es un indicativo de la filtración de restos de estiércol de ganado. En algunos pozos contaminados, el nitrato también estará presente en concentraciones mayores a 1 mg / l. Esto es aún más dañino para infantes. Los fertilizantes químicos disueltos en el agua estancada pueden ser otra fuente de nitrato, sobre todo en el agua superficial. Cuando se sospecha la presencia de una alta concentración de nitrato, no se debe usar el agua para la preparación de alimento infantil. Se debe determinar la concentración de nitrato y, si es excesivo, se debe obtener consejo de autoridades de salud acerca de la conveniencia de usar el agua para beber. (6)

**i. Pesticidas.** El uso descuidado de pesticidas, puede contaminar las fuentes de agua y hacer que el agua sea inadecuada para beber. Se han informado casos numerosos donde se han contaminado los pozos individuales, al tratar casas para el control de termitas. No se recomienda el uso de pesticidas cerca de pozos. (6)

**j. Sodio.** Cuando es necesario saber la cantidad presente del sodio en una fuente de agua, se debe hacer un análisis de laboratorio. Los suavizadores de agua caseros que usan el método de intercambio iónico, causan un incremento en la cantidad de sodio. Por esta razón el agua que ha sido suavizada, se le debe analizar el contenido de sodio cuando se ha recomendado una dieta individual de ingestión de sodio. <sup>(1)</sup>

Para personas saludables, el contenido de sodio en el agua es insignificante porque la ingestión que proviene de la sal es mucho mayor, pero para aquellas personas que requieren una dieta baja en sodio por razones de enfermedades de corazón, riñón, trastornos circulatorios o complicaciones de embarazo, se debe considerar el contenido de sodio en el agua. Usualmente las dietas bajas en sodio, permiten 20 mg / l de sodio en el agua de beber. Cuando se excede este límite, tales personas deben consultar un médico. (6)

**k. Sulfatos.** El agua que contiene altas concentraciones de sulfato, causadas por el lavado de depósitos naturales de sulfato de magnesio (sal Epsom) o sulfato de sodio (la sal de Glauber) es indeseable debido a sus efectos laxantes. El contenido de sulfato no debe exceder 250 mg / l. (6)

**l. Zinc.** El zinc se encuentra en algunas aguas naturales, particularmente en áreas donde se han minado depósitos minerales. No se considera al zinc perjudicial a la salud, pero impartirá un sabor indeseable al agua de beber. Por esta razón se recomienda el límite de 5.0 mg / l. (6)

Se han desarrollado serios problemas de contaminación de agua superficial y por la aparición y abandono de operaciones mineras. Quizás los peores de éstos son los asociados con las minas de carbón donde concentraciones altas de hierro, manganeso, sulfatos, y ácidos son el resultado del proceso de extracción de minerales (pyritas). (6)

#### **D. TÉRMINOS QUÍMICOS**

**1. Alcalinidad.** La alcalinidad es impartida al agua por medio de bicarbonato, carbonato, o componentes hidróxidos. La presencia de estos compuestos es determinada por métodos de titulación estándares. El conocimiento de los componentes alcalinos es útil en el tratamiento de fuentes de agua. (6)

**2. Dureza.** Agua dura y agua suave son términos relativos. El agua dura retarda la acción limpiadora de jabones y detergentes, causando la necesidad de trabajo y agentes limpiadores extras. Además, cuando se calienta el agua dura, deposita una capa dura de incrustación (en ollas, serpentines de calefacción, o utensilios de cocina) lo cual representa gasto de combustible. (6)

Las sales de calcio y magnesio, que causan la dureza en las fuentes de agua, se dividen en dos clasificaciones generales: dureza de carbonato o temporal y dureza de no carbonato o permanente. (6)

Se le llama dureza de carbonato o temporal, porque al calentar el agua se remueve una gran cantidad. Cuando se calienta el agua, los bicarbonatos se descomponen en carbonatos insolubles que precipitan como partículas sólidas que se adhieren a la superficie caliente y al interior de cañerías. (6)

Se le llama dureza de no carbonato o permanente, porque no se remueve cuando se calienta el agua. La dureza de no carbonato, es debida principalmente a la presencia de sulfatos y cloruros de calcio y magnesio en el agua. (6)

**3. pH.** El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno en el agua. Es también una medida del contenido de ácido o alcalino. Los valores del pH se encuentran en un rango de 0 a 14, donde 7 indica agua neutra; valores menores que 7, indican incremento de acidez; y valores mayores que 7, indican incremento de alcalinidad. El pH del agua en su estado natural a menudo varía de 5.5 a 9.0. La determinación del valor del pH ayuda en el control de la corrosión, la determinación de dosificaciones del químico apropiadas, y el control adecuado de desinfección. (6)

## **E. FACTORES BIOLÓGICOS**

El agua para propósitos de recombinación, para beber y para cocinar debe estar libre de organismos que producen enfermedades, tales como: bacterias, protozoarios, virus, y helmintos (gusanos). (6)

## **F. CONTAMINACIÓN DE SUMINISTROS DE AGUA**

Algunos organismos que causan enfermedades en el hombre se originan con las descargas fecales de individuos infectados. Raramente es práctico supervisar y controlar las actividades de los portadores de enfermedades del ser humano. Por esta razón es necesario practicar precauciones contra contaminación de una fuente de agua que es normalmente segura o instituir métodos de tratamiento que producirán un agua segura. (6)

Desafortunadamente, la detección del organismo específico presente en el agua que produce enfermedades no se identifica fácilmente. Las técnicas para un examen

bacteriológico comprensible son complejas y consumen mucho tiempo. Ha sido necesario desarrollar pruebas que indiquen el grado relativo de contaminación en términos de una cantidad fácilmente definida. (6)

El test más extensamente usado involucra la estimación del número de bacteria del grupo del coliforme, la cual siempre está presente en desechos fecales y usualmente acompañada de un sin número de organismos que producen enfermedades. El grupo del coliforme normalmente habita en el tracto intestinal del hombre, pero se halla también en la mayoría de animales domésticos y pájaros, al igual que en ciertas especies salvajes. (6)

## **G. CALIDAD BACTERIOLÓGICA**

La mayoría de países han establecido límites para la concentración de bacteria coliforme en una serie de muestras de agua y la frecuencia a la que cada concentración excede el valor. Se expresan los resultados ya sea por un conteo directo de bacteria por unidad de volumen o en términos del número más probable (MPN). Este último término es una estimación basada en fórmulas matemáticas de probabilidad. (6)

Un estándar recomendado para agua de beber sería aproximadamente equivalente a restringir la concentración de coliforme a no más de un organismo por cada 100 mililitros de agua. (6)

Un examen bacteriológico indica la presencia o ausencia de contaminación solamente en la muestra colectada, y es indicativo de la calidad solamente al momento de la colección. Un resultado positivo para coliforme es una buena indicación que la fuente ha sido contaminada por lavados de la superficie o por material fecal. En cambio, un resultado negativo no se puede considerar como una garantía de que una fuente de agua es

continuamente segura a menos que los resultados de un estudio completo sanitario del área circundante, junto con muestras subsecuentes negativas, apoyen esta posición. (6)

## **H. COLECCIÓN DE MUESTRAS PARA EXAMEN BACTERIOLÓGICO**

Para un indicativo fiable de la seguridad bacteriológica de una fuente de agua individual, uno debe depender de la experiencia calificada de personal de salud pública. Son necesarias precauciones especiales en la colección de las muestras de agua, y son esenciales el entrenamiento y la experiencia para evaluar los resultados analíticos. Antes de coleccionar una muestra, se debe contar con quien facilite los exámenes y se puedan obtener sus recomendaciones. (6)

## **I. OTROS FACTORES BIOLÓGICOS**

El ciclo de crecimiento de ciertas formas de vegetación acuática y vida animal microscópica en el agua natural puede ser estimulado o retardado por factores físicos, químicos, o biológicos. Por ejemplo, el crecimiento de algas (diminutas plantas verdes que usualmente se hallan flotando en el agua de la superficie) se estimula por la luz, calor, nutrientes tal como nitrógeno y fósforo, y la presencia de dióxido de carbono como un producto de descomposición orgánica. Su crecimiento puede, en cambio, ser retardado por cambios en pH (medida de acidez), la presencia de impurezas inorgánicas, turbidez excesiva u oscuridad, temperatura, y la presencia de ciertas especies de bacterias. (6)

Ciclos continuos de crecimiento y descomposición de los materiales de las células de las algas pueden dar por resultado la producción de sub-productos nocivos que afectarían adversamente la calidad de una fuente de agua. Se pueden hacer los mismos

enunciados generales con respecto a los ciclos del crecimiento de ciertas bacterias no-patógenas o microcrustáceas que habitan en aguas naturales. (6)

Una fuente de agua debe estar tan libre de actividad biológica como sea posible. Se puede evitar o mantener la actividad biológica a un mínimo por medio de:

- Seleccionar fuentes de agua que normalmente no mantengan mucha planta o vida animal. (6)
- Proteger la fuente de agua contra contaminación subsecuente por agentes biológicos. (6)
- Minimizar la entrada de materiales fertilizantes, tales como material orgánico y nutrientes minerales. (6)
- Controlar la luz y temperatura de agua almacenada. (6)
- Proveer tratamiento para la destrucción de vida biológica o sus sub-productos. (6)

## **J. FACTORES RADIOLÓGICOS**

El desarrollo y el uso de energía atómica como una fuente de poder y la minería de materiales radiactivos ha hecho necesario establecer concentraciones límites para la ingestión en el cuerpo de sustancias radiactivas, incluyendo agua de beber. (6)

Se ha visto que son dañinos los efectos de exposición humana a radiación o materiales radiactivos y se debe evitar cualquier exposición innecesaria. Las concentraciones de materiales radiactivos se deben guardar a un mínimo para limitar la ingestión humana de estas sustancias de modo que la exposición a radiación total de cualquier individuo no excederá un nivel peligroso. El hombre ha estado siempre expuesto a radiación natural del agua, comida, y aire. La cantidad de radiación a la que normalmente se expone el individuo varía con la cantidad histórica de radiactividad a la que ha estado

expuesto. Es raro encontrar agua con radioactividad alta. No obstante, se sabe que en ciertas áreas existe, ya sea natural o provocada por el hombre. (6)

## **K. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

Cuando el agua se infiltra a través de las capas superficiales hasta el manto acuífero, se eliminan partículas en suspensión, incluyendo microorganismos. La magnitud de eliminación depende del espesor y carácter del material de las capas superficiales. La arcilla provee la protección natural más segura para el agua subterránea. El limo y arena también proveen buena filtración si son suficientemente finos y en capas suficientemente gruesas.

La calidad bacteriana del agua también mejora durante el almacenamiento en el manto acuífero porque las condiciones del almacenamiento son usualmente desfavorables para la supervivencia de las bacterias. La claridad por sí misma no garantiza que el agua subterránea sea segura para beber; esto solo puede ser determinado por análisis de laboratorio. (6)

Es más probable que el agua subterránea que se encuentra en formaciones sin consolidar (arena, arcilla, y grava) y protegida por materiales similares sea libre de contaminación por fuentes de polución que el agua que viene de formaciones consolidadas (caliza, piedra fracturada, lava, etc.). Cuando los materiales superficiales de la tierra proveen de filtración limitada, algunas veces se puede obtener agua de mejor calidad sanitaria al taladrar más hondo. Sin embargo, en algunas áreas, no es posible a causa de la geología hallar agua a profundidades más grandes. Muchas veces se ha taladrado innecesariamente con la creencia equivocada de que siempre se puede encontrar más agua y de mejor calidad al taladrar a formaciones más hondas. En áreas sin sistemas centrales de alcantarillado, usualmente se depositan las excretas humanas en tanques sépticos o lagunas

de estabilización. Las bacterias de los afluentes líquidos de tales instalaciones entrarían en los mantos acuíferos poco profundos. Los afluentes del alcantarillado han encontrado el camino directo hacia mantos acuíferos por medio de pozos abandonados o sistemas de absorción. En tales áreas la amenaza de contaminación se reduce por medio de la construcción adecuada de pozos, localizarlos lo más lejos de la fuente de contaminación. La dirección del flujo de agua subterránea usualmente se aproxima a la del flujo de la superficie. Siempre es deseable localizar un pozo de modo que el movimiento natural del flujo del agua subterránea se lleve a los contaminantes lejos del pozo. (6)

## **L. CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

Los minerales contenidos en el agua subterránea reflejan su movimiento por los minerales de que está hecha la corteza terrestre. Generalmente, el agua subterránea en regiones áridas es más dura y más mineralizada que el agua en regiones de mucha lluvia durante el año. Del mismo modo, los mantos acuíferos más hondos son los más probables de contener concentraciones más altas de minerales en solución porque el agua ha tenido más tiempo (quizás millones de años) en disolver las rocas minerales. Para cualquier región de agua subterránea hay una profundidad abajo de la cual es casi seguro encontrar agua salada, o salmuera. Esta profundidad varía de una región a otra. (6)

Algunas sustancias que se encuentran naturalmente en agua subterránea, no necesariamente causan daño. Sin embargo, impartirían un sabor desagradable o propiedades indeseables al agua. Sulfato de magnesio (Sal Epson), sulfato de sodio (sal de Glauber), y cloruro de sodio (sal de mesa común) son algunas pocas de estas. Normalmente en el agua subterránea se encuentran hierro y manganeso. Los usuarios regulares de aguas que

contienen cantidades de estas sustancias consideradas por muchos excesivas es seguro que se acostumbran de modo que llegan a considerar que el sabor es agradable. (6)

Las concentraciones de cloruros y nitratos que usualmente están altas para una región particular pueden ser indicadores de polución del alcantarillado. (6)

### **M. EVALUANDO AMENAZAS DE CONTAMINACIÓN DE POZOS**

Las condiciones desfavorables para el control de contaminación y que requeriría especificar distancias más grandes entre un pozo y las fuentes de contaminación son:

- ◆ **Naturaleza del contaminante.** Excretas de humanos, de animales, y desechos químicos tóxicos son riesgos serios para la salud. Sales, detergentes, y otras sustancias que se disuelven en agua se pueden mezclar con el agua subterránea y viajar con ella. No se quitan simplemente por filtración natural. (6)
- ◆ **Disposición más honda de desechos.** Lagunas de estabilización, pozos secos, pozos de inyección y agujeros hondos de lavados que alcanzan mantos acuíferos o reducen la cantidad de material de filtración de la tierra entre los desechos y el manto acuífero incrementan el peligro de contaminación. (6)
- ◆ **Filtración limitada.** Cuando los materiales de la tierra que rodean el pozo y las capas sobre el acuífero están demasiado gruesas para proveer filtración efectiva, tal como en caliza, arena gruesa, etc., o cuando forman una capa que es muy delgada, se aumenta el riesgo de contaminación. (6)
- ◆ **El acuífero.** Cuando los materiales del acuífero por sí mismos están demasiado gruesos para proveer buena filtración, tal como piedra caliza fracturada, etc., los contaminantes entran en el acuífero. (6)

**1. Envasado aséptico de la leche y otros productos.** A mediados de los años 40 se desarrolló un tipo de envase de cartón para la leche cuya idea básica era:

- ◆ Formación de envases y su llenado simultáneo en un proceso continuo. (3)
- ◆ Cerrado de dichos envases por debajo del nivel del líquido, de forma que éstos queden llenos. (3)
- ◆ Proteger la bebida de la luz, oxidación, etc., de forma que conserve el sabor y valor nutritivo iniciales. (3)
- ◆ Conservar en esas condiciones la bebida durante un largo período de tiempo, sin necesidad de cadena de frío. (3)

En un principio el envase tenía forma de tetraedro, pero era difícil de manejar por su especial diseño. Hace apenas unos años apareció el mismo envase con forma de “ladrillo”, lo que constituyó una verdadera revolución en el campo del envasado de bebidas en general, ya que el nuevo envase es muy fácil de almacenar y distribuir con sistemas tradicionales de encartonado, paletización, etcétera. (3)

Lo que en principio se utilizó para leche y productos derivados (nata, yogur líquido, batidos, etc.) pronto empezó a utilizarse en otras bebidas tales como zumos de frutas, bebidas refrescantes sin carbonatar, y ahora el vino y el aceite. (3)

**2. Principio del llenado aséptico.** El llenado aséptico de productos consta de dos etapas definidas:

- ◆ Esterilización del producto antes de llegar a la envasadora, con esterilización previa del circuito por circulación de agua caliente o vapor. (3)

- ◆ Envasado aséptico (ausencia de infecciones) en los prismas de cartón (esquema 41 del anexo A, página 56. (3) . Como se ve en el esquema 41 del anexo A (página 56), se parte de cartón enrollado que se va transformando paulatinamente en un tubo, llenándose dicho tubo con el líquido o bebida en cuestión. Este tubo se cierra lateralmente, por arriba o por abajo. Después se cortan y forman los envases, que ya salen de la máquina listos para su encartonado, paletización y almacenamiento. Previamente se hace una esterilización química del envase para que todo el sistema sea aséptico. (3)

Es preciso proceder a una esterilización de la bebida antes de su envasado. En un principio, cuando se envasaban por este sistema sólo leche y productos derivados, el sistema de esterilización era el calentamiento hasta 140°C durante unos segundos. A este método de esterilización se le conoce con el nombre UHT, que viene del inglés ultra high temperature (temperatura ultraelevada). (3)

En el caso del vino se puede escoger entre dos sistemas:

- ◆ Tratamiento térmico suave.
- ◆ Filtración estéril.

Para el aceite basta una filtración abrillantadora con tierras filtrantes. En el caso de zumos, mostos, cremogenados y néctares se recurre a una pasteurización alta, como vemos a continuación:

El Esquema 42 del anexo A (página 55), nos muestra una instalación de tratamiento térmico de bebidas (zumos, mosto de uva, etc.) antes de su envasado aséptico. (3)

Si para la leche hablamos de unas temperaturas de esterilización de 140°C durante cuatro segundos, en bebidas de alta acidez (pH inferior a 4.5) basta con un calentamiento a

72 -96°C durante un período de cinco a ocho segundos, según casos. Los zumos y el mosto de uva caen dentro de la gama de productos ácidos. (3)

La mayoría de los microorganismos se desarrollan rápidamente en un medio neutro o ligeramente ácido (pH 6.5 – 7.0), mientras que lo hacen mal a pH inferior a 5, por lo que las necesidades de esterilización en bebidas ácidas son menores. (3)

La excepción son las bacterias lácticas, que pueden crecer y multiplicarse a un pH de hasta 2.5. Las bacterias formadoras de ácido butírico pueden desarrollarse a un pH de 4.0 – 4.5. Los mohos y levaduras también pueden resistir y crecer en medios ácidos. (3)

Volviendo al Esquema 42 del anexo A (página 56), vemos que el zumo entra en primer lugar a un depósito de regulación (6). Por una bomba se le envía al aparato de placas (2) donde es calentado el producto que ya sale en una primera sección. Si se desea puede salir hacia un desaireador (2) para eliminación del aire ocluído. En el caso de zumos (naranja, piña, etc.) se pueden pasar también por un homogeneizador (1) de alta presión para conseguir una bebida de estructura uniforme. En vinos y mostos no es necesario. Se calienta después en otra sección a la temperatura deseada gracias al circuito de agua caliente (4). La temperatura de pasteurización es mantenida en el tubo (7) los segundos necesarios.

Después se enfría la bebida (3) y sale dispuesta para su llenado aséptico a 22 – 28°C.

Previamente se ha debido realizar la esterilización del circuito con vapor o agua caliente. Al acabar el ciclo de producción se debe proceder a la limpieza automática de toda la instalación con agua caliente y soluciones de sosa alternativamente. (3)

El tratamiento térmico, además de eliminar los microorganismos, tiene la ventaja de inactivar las enzimas, presentes en el mosto y otros zumos, que podrían provocar alteraciones de las cualidades organolépticas del producto (aroma, sabor y color). (3)

En el caso del vino, antes de la llenadora aséptica, se puede también colocar un filtro de membranas o una planta de ultrafiltración para esterilizar el producto antes del llenado. (3)

**3. Material del envase.** El Esquema 43 del anexo A (página 57), nos presenta las capas que componen el material del que están hechos los envases para llenado aséptico. La combinación de materiales está especialmente adaptada para preservar las cualidades organolépticas del producto y evitar que entre la luz y el aire. De esta manera se evita su oxidación y que se desvirtúen sus típicos aromas. (3)

La capa de papel (2) proporciona rigidez al envase, mientras que la de aluminio (4) sirve como barrera eficaz contra el oxígeno y la luz. Las capas de polietileno evitan que el líquido salga y permiten que se pueda efectuar un buen cierre del envase. En la capa de papel (2) se imprime el nombre de la firma, con datos sobre el producto, dibujos, etc., haciendo las veces de una gran etiqueta (todas las caras prácticamente), que queda protegida por una capa de polietileno (6) (3).

**4. Descripción del sistema aséptico de llenado en envases de cartón.** El Esquema 44 del anexo A (página 57), nos presenta el funcionamiento de una llenadora aséptica. En primer lugar se coloca el rollo de material (6) en un cargador situado en la parte posterior de la máquina. Una célula fotoeléctrica (3) emite una señal cuando llega el momento de colocar un nuevo rollo en el cargador.

Los rollos giratorios (7) ablandan las muescas y protuberancias que pudiesen existir en el material, con objeto de facilitar la posterior formación del envase. Viene inmediatamente después un dispositivo marcador para la fecha de caducidad, número de control de fabricación o cualquier otra marca que se estime oportuna. El siguiente rodillo <sup>(5)</sup> tiene como única misión dirigir el material hacia la parte superior de la máquina donde en primer lugar se encuentra con un registrador (1) que cuando el empalme entre dos rollos pasa por esta zona queda registrado en la máquina y más tarde el envase que le toca este empalme y los dos que le siguen se separan por un canal (3).

Después se procede a aplicar una cinta de plástico (5) en uno de los bordes del material. Esta cinta se cerrará posteriormente con el otro borde del envase. En la cubeta (8) hay un baño de agua oxigenada ( $H_2O_2$ ), por donde pasa el material para su esterilización.

Unos rodillos posteriores (9) presan dicho material para eliminar el sobrante de agua oxigenada. En la parte superior de la máquina hay una cubierta (10) que sirve para recoger el aire que sube desde el tubo de papel. Este aire caliente se retorna al compresor que suministra aire estéril. Mediante un lavado por agua se eliminan los restos de peróxido de oxígeno del aire.

El rodillo (11) dirige el papel hacia abajo. La bebida llega a través de un tubo de llenado (12) fabricado en acero inoxidable. Este tubo está rodeado por otro, pudiendo hacer circular aire caliente estéril que sale hacia arriba al llegar al borde inferior del calentador (15).

Como un primer paso en el cierre del empalme longitudinal se hace pasar por el elemento calefactor (13) a uno de los bordes de la cinta de material, que se calienta con aire estéril.

El cierre del empalme longitudinal se efectúa en el anillo formador (14), donde se comprimen entre sí ambos bordes del material.

El calentador tubular (15) lleva un elemento en forma de espiral, que por radiación calienta el interior del material. Este calor sirve para esterilizar el envase a la vez que se forma una atmósfera estéril en la parte superior del nivel del líquido (16). Mediante un flotador (17) se regula el nivel del líquido de modo que éste quede más alto que la desembocadura del tubo de llenado (18), evitándose así la formación de espuma.

El cierre definitivo de los envases (19) se efectúa por debajo del nivel del líquido, de forma que éstos quedan completamente llenos. Unas mordazas cortan los envases que quedan separados (21). Como ya vimos por (20) se separan los envases producidos al principio o los que tienen empalmes. (3)

En el conglomerado de la Figura 45 del anexo A (página 58), vemos una serie de detalles correspondientes al panel de control de la máquina (arriba a la izquierda), empalme de dos rollos (arriba a la derecha), cubierta superior (abajo a la izquierda) donde se recoge el aire que sube por el tubo de papel ya cerrado y abajo a la derecha vemos cómo el material de los envases pasa por un dispositivo marcador para grabar los datos que se estimen necesarios. (3)

Como se ve en estas figuras toda la máquina va forrada en acero inoxidable y tiene escaleras y plataforma de acceso a todas sus partes. Los envases pueden ser de diversos volúmenes y formas, como se ve en la Figura 46 del anexo A (página 58). Así tenemos: 200, 250, 300 y 375 cm<sup>3</sup>, 500 en forma baja y alta, 750, 1,000 cm<sup>3</sup>. Existen también otros envases intermedios correspondientes a medidas distintas a las decimales. (3)

**5. Regulación de nivel.** En el Esquema 47 del anexo A (página 58), se ve más en detalle el sistema de regulación del nivel del líquido dentro de la máquina. En primer lugar vemos el flotador (1), fabricado en acero inoxidable, y el nivel del líquido (2). El primero es el encargado de abrir o cerrar la válvula (3) con un sistema de articulaciones para mantener el nivel deseado. El final del tubo de llenado (4) cae dentro del líquido, de modo que cuando los envases se cierran transversalmente (5), éstos están llenos de líquido. Después de esta operación se cortan los envases (6) separándolos unos de otros. Luego se doblan hacia dentro las pestañas salientes y se cierran contra el envase. (2)

**6. Sistema de aire estéril.** En primer lugar vemos en el Esquema 48 del anexo a (página 59), el compresor (1), que es el que suministra el aire a la presión necesaria. Para su funcionamiento se necesita un aporte continuo de agua (2) por dos razones:

- ◆ El agua sirve como cierre entre el rodete giratorio y la carcasa de la bomba.
- ◆ El agua sirve para lavar el peróxido de hidrógeno que pueda existir en el aire, que es aspirado desde la parte superior de la máquina.

La cantidad necesaria de agua es de unos 8 l. por minuto. En la cámara (3) tiene lugar la separación del agua del aire. La válvula (4) está abierta cuando se está efectuando la esterilización del sistema de llenado, con lo que el agua es conducida al desagüe. Durante el proceso de producción el agua se emplea como refrigerante en (7), siendo después conducida al desagüe.

En el aparato (5) se calienta el aire hasta unos 350°C aproximadamente y una parte del mismo es conducido por el tubo (6) hacia el aplicador de cinta y el elemento calefactor del empalme longitudinal (12).

Otra parte del aire calentado se enfría hasta unos 80°C en (7) y se utiliza antes de la producción para la esterilización del sistema de llenado, manteniendo la válvula (8) cerrada y la (9) abierta conduciendo el aire estéril situado encima del nivel del líquido (14) en el tubo de papel cerrado. Esto ocurre para envases de un litro. Para tamaños menores, la válvula (8) también está cerrada durante la producción.

El tubo de llenado (10) con la bebida a envasar está rodeado por el tubo (11) con aire esterilizado. El elemento calefactor (12), de tipo eléctrico y con forma de espiral, emite calor por radiación que sirve para esterilizar el lado interior del material del envase. En (13) se dirige hacia arriba la corriente de aire esterilizada, evaporando al mismo tiempo el líquido esterilizante ( $H_2O_2$ ) y creando una atmósfera estéril en el tubo de papel cerrado. Así se evita la posible reinfeción del aire.

El flotador (15) regula la aportación de líquido a través del tubo llenado (10), cerrando y abriendo la válvula (16), según corresponda, para mantener el nivel (14).

En la parte superior hay una cubierta (17) que reúne el aire ascendente del tubo de papel cerrado. El aire es conducido de vuelta al compresor (1) donde se mezcla con agua que separa por lavado el peróxido de hidrógeno, reiniciándose así el ciclo. (3)

**7. Descripción de una envasadora aséptica.** El esquema 49 del anexo A (página 61), nos presenta una envasadora aséptica para envases de 375, 500 y 1,000 cm<sup>3</sup> de capacidad, en una producción de unos 6,000 envases por hora.

La máquina va recubierta totalmente en acero inoxidable y lleva un sistema de control (1) que regula su funcionamiento.

La bobina (2) lleva material suficiente para unos 8,200 envases de un litro de volumen. Con la carretilla (3) se suministran las bobinas, que pesan unos 225 kg. Esta

carretilla para la elevación y transporte de las bobinas está provista de brazos de elevación, que se maniobran hidráulicamente. Con el equipo (4) se hace el cambio de bobina, con empalme del material de la que se está acabando y la nueva. Después de marcar (5) el material de los envases, éste hace una serie de bucles (6) que aseguran un avance suave y sin tirones, al tiempo que hacen posible una producción continua en el momento en que hay que empalmar nuevo material en rollo.

La máquina va provista de un avanzado sistema de control electrónico (7), que proporciona una gran seguridad, además de hacer que la máquina trabaje de una forma rápida y exacta.

Como ya describimos con antelación, el material del envase es esterilizado con agua oxigenada (8) y en uno de los bordes se le aplica una cinta (9), que es la que sellará el empalme longitudinal entre ambos bordes del papel. El líquido sobrante de la esterilización es extraído por los rodillos (10) y el aire estéril (11) acaba de secar el papel. En (12) se controla la adaptación de la decoración a las muescas transversales del material del envase.

En (13) el material empieza a adoptar la forma de tubo para su llenado (14), siendo cerrado (15). Un elemento (16) garantiza el sellado longitudinal cuando se produce una corta interrupción, cuando la máquina vuelve a ponerse en marcha.

La máquina ha sido diseñada de manera que pueda conectarse (17) a otras unidades.

La cubierta (18) es desmontable.

Por último viene el sistema de cierre de los envases (19) por debajo del nivel del líquido, el doblado (20) y la salida (21) de los paquetes terminados. (3)

### III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, se está avanzando aceleradamente hacia el inevitable fenómeno de la globalización del mercado. Por lo que a esa misma velocidad se está exigiendo de los países latinos, entre ellos Guatemala, a mejorar la calidad de sus productos.

En la industria de alimentos, el uso de técnicas de procesamiento y llenado aséptico asegura la producción de jugos de fruta y bebidas lácteas con un alto estándar de calidad, manteniendo dichos estándares por un período prolongado de tiempo y haciéndolos a la vez disponibles durante toda la época del año. Una de las técnicas de mayor desarrollo en la actualidad consiste en obtener jugos y bebidas lácteas reconstituidos a partir de concentrados o leche en polvo, respectivamente. Esto se logra retornando al concentrado o a la leche en polvo, el agua eliminada durante el proceso de concentración. Con este proceso se obtiene un producto final con las características organolépticas y analíticas del jugo o de la leche original.

Para poder competir en el mercado internacional con los más altos estándares de calidad, se deben considerar todos los factores que puedan incidir en la misma. La calidad del agua utilizada para la dilución del concentrado de fruta determina en gran medida la calidad del producto terminado, por lo que es necesario diseñar un Sistema de Tratamiento que provea de agua con las características fisicoquímicas y microbiológicas requeridas en el procesamiento y llenado de bebidas lácteas o jugos de fruta reconstituidos.

## IV. OBJETIVOS

### A. Objetivo general:

Diseñar un sistema de tratamiento del agua a utilizar para el procesamiento y llenado de bebidas lácteas y jugos de fruta mediante el uso de técnicas de envasado asépticos, para que el producto cumpla con un alto estándar de calidad, manteniendo dichos estándares por un período prolongado de tiempo.

### B. Objetivos específicos:

- ◆ Diseñar un Sistema de Tratamiento de Agua que provea agua libre de microorganismos patógenos y que esté dentro de los lineamientos establecidos para agua que será utilizada para el procesamiento de bebidas lácteas y jugos de frutas reconstituidos, mediante técnicas de procesamiento y llenado aséptico.
- ◆ Diseñar un Sistema de Tratamiento de Agua que provea agua libre de compuestos indeseables que puedan provocar alguna alteración en las propiedades organolépticas, de color u olor de las bebidas lácteas y jugos de frutas reconstituidos.
- ◆ Diseñar un Sistema de Tratamiento de Agua que provea agua que cumpla los requerimientos para ser utilizada en los procesos de limpieza y saneamiento del equipo.

## **V. PROBLEMA A RESOLVER**

En la actualidad, el agua que se obtiene del pozo ubicado en las instalaciones de una planta de procesamiento y llenado aséptico de bebidas lácteas y jugos de fruta, no cumple con los requerimientos establecidos para ser utilizada como agua de proceso, porque los residuales de Nitrato, Boro y Cobre están por arriba del Límite Máximo Aceptable. Además, no se tiene un tratamiento que asegure que los parámetros microbiológicos estarán siempre, por debajo del límite aceptable.

## **VI. METODOLOGÍA**

1. Revisión bibliográfica de las técnicas para el procesamiento y llenado aséptico de jugo de frutas.
2. Revisión bibliográfica de los aspectos microbiológicos relacionados con el procesamiento y llenado aséptico de jugo de frutas.
3. Revisión bibliográfica de los principios y técnicas de tratamiento de agua.
4. Caracterizar el agua de pozo que se usará como fuente de agua.
5. Determinar las características que debe cumplir el agua a utilizar en el proceso de elaboración de jugos de frutas y bebidas lácteas reconstituidas.
6. Estudio de los equipos disponibles en el mercado para el tratamiento de agua.
7. Diseñar el Sistema de Tratamiento especificando cada una de las etapas.
8. Evaluar cada una de las etapas del sistema definiendo la función específica que le corresponde en el Sistema de Tratamiento.

## VII. RESULTADOS

### A. PARÁMETROS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZO

#### Parámetros químicos:

PARÁMETRO	VALOR	LMA	LMP
PH	7.0	7.0 – 8.5	6.5 – 9.2
C.E.	0.21 mmhos / cm	0.05 mmhos / cm	1.5 mmhos / cm
DUREZA	88.2 ppm CaCO <sub>3</sub>	100.0 ppm CaCO <sub>3</sub>	500.0 ppm CaCO <sub>3</sub>
TURBIDEZ	< 5.00 NTU	5.0 NTU	25.0 NTU

ELEMENTO		PPM	LMA (PPM)*	LMP (PPM)*
Nitrato	NO <sub>3</sub>	14.6	0.00	45.00
Calcio	Ca	20.0	75.00	200.00
Magnesio	Mg	9.3	50.00	150.00
Sulfato	SO <sub>4</sub>	0.3	200.00	400.00
Boro	B	< 0.1	0.00	1.00
Cobre	Cu	< 0.1	0.05	1.50
Hierro	Fe	< 0.1	0.10	1.00
Manganeso	Mn	< 0.1	0.05	0.50
Zinc	Zn	0.3	5.0	15.00
Cloruro	Cl	< 10.0	200.00	600.00

CLAVE:

LMA = Límite Máximo Aceptable

LMP = Límite Máximo Permisible

--- = No se tienen límites

\* Con base a la Norma NGO 29001 “Agua Potable Especificaciones” de COGUANOR

(Comisión Guatemalteca de Normas).

### Parámetros microbiológicos:

ANÁLISIS	RESULTADO		LÍMITE ACEPTABLE
Conteo de bacterias aeróbicas	55	UFC / ml	Menor de 500
Coliformes totales	Menor de 2	NMP / 100ml	Menor de 2
Coliformes fecales	Menor de 2	NMP / 100ml	Menor de 2
Escherichia coli	Menor de 2	NMP / 100ml	Menor de 2

CLAVE:

NMP = Número más probable

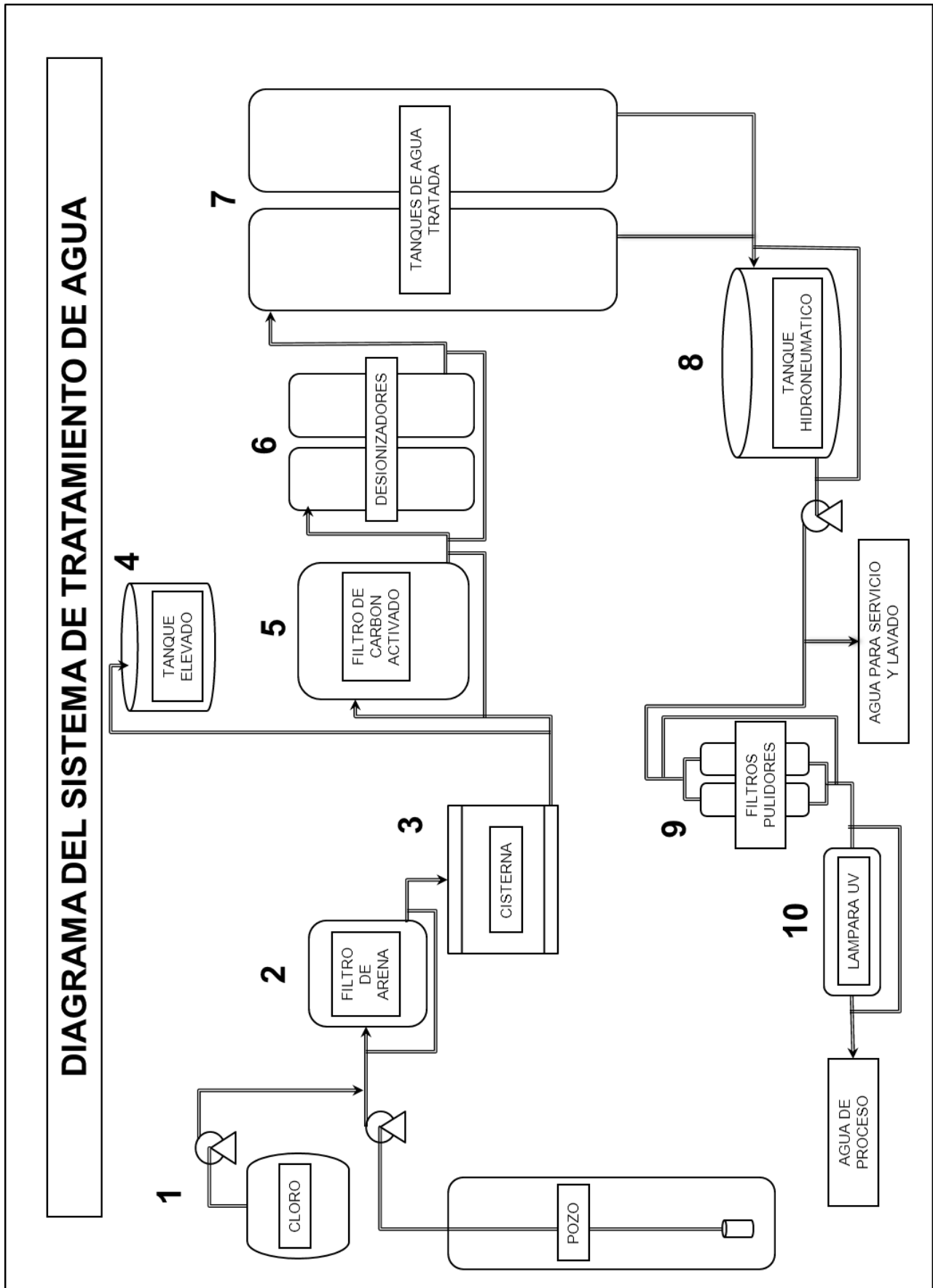
UFC = Unidades Formadoras de Colonia

Tomando como base la Norma Guatemalteca COGUANOR (NGO 29 001) para análisis microbiológico de agua potable, la muestra analizada se encuentra DENTRO de los límites establecidos.

Estos resultados fueron determinados para la muestra de agua de pozo por laboratorios nacionales certificados.

Para resolver el problema planteado, se propone un Sistema de Tratamiento de Agua, previo a proceso, el cual está compuesto por las etapas que se ilustran en el diagrama de la página siguiente. En la sección de: discusión de resultados se presenta un análisis detallado de las razones por las cuales se proponen los equipos indicados en cada etapa del sistema.

Para la realización de este trabajo, se llevó a cabo una extensa revisión bibliográfica, análisis y selección de los equipos necesarios para alcanzar el grado de pureza requerido para el agua de proceso. Debido a razones de no tener acceso a la información necesaria para el dimensionamiento de los equipos, no fue posible realizarlo. Sin embargo, se recomienda que la fase de dimensionamiento sea llevada a cabo por la empresa en cuestión.



## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo consistió en diseñar un Sistema de Tratamiento de Agua, por medio del cual, a partir del agua de pozo de la planta se obtuviera agua con las características bacteriológicas y fisicoquímicas necesarias para poder utilizarla como agua de proceso en la planta, la cual, produce y llena, por medio de las técnicas de envasado aséptico, bebidas lácteas y jugos de fruta reconstituidos.

La fuente que provee de agua a la planta es un pozo que se encuentra ubicado en sus instalaciones. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos determinados en el agua de pozo se presentan en la sección de resultados.

El sistema de tratamiento de agua propuesto se compone de las etapas:

1. Cloración
2. Filtración particulada
3. Cisterna
4. Tanque elevado
5. Filtración de carbón activado
6. Desionización
7. Tanques de agua tratada
8. Tanque hidroneumático
9. Filtración final
10. Desinfección UV

### **A. Etapa de cloración**

Los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados en el agua del pozo que se presentan en los resultados, muestran que los parámetros indicativos están dentro de norma.

Sin embargo, un examen bacteriológico indica la presencia o ausencia de contaminación solamente en la muestra colectada, y es indicativo de la calidad solamente al momento de la colección, por lo que un resultado negativo no se puede considerar como una garantía de que una fuente de agua es continuamente segura.

Por tal razón, lo que se requiere del Sistema de Tratamiento es que garantice un conteo bacteriológico negativo en todo momento, y que brinde una mayor seguridad de que el agua a utilizar esta libre de microorganismos indeseables.

En el sistema propuesto se contempla la instalación de una bomba dosificadora de líquidos, conectada en paralelo con la bomba sumergible del pozo, de tal manera que al arrancar la bomba del pozo para succionar agua, arranque a la vez la bomba dosificadora para inyectar en la línea una solución concentrada de cloro, que al diluirse con el caudal de agua bombeada, proporcione un residual de entre 0.5 – 1.0 mg/L, lo cual cumple con lo establecido en la Norma 29001 de COGUANOR, que se refiere a agua potable, misma que se toma como base, debido a que el agua para este proceso es un insumo que debe considerarse apta para consumo humano (potable) para poder usarse en la elaboración de bebidas.

## **B. Filtración particulada**

Cuando el agua sale del pozo puede arrastrar en su caudal una cantidad de contaminantes gruesos, como: arena, lodo, fragmentos de piedras y otras materias extrañas particuladas. Estos contaminantes se conocen como Total de Sólidos en Suspensión (TSS) y son los que proveen de turbidez al agua. Según se muestra en los resultados de los análisis de parámetros químicos del agua del pozo, la turbidez se encuentra por debajo de los límites máximos aceptables y permisibles. Sin embargo, al igual que un análisis microbiológico este resultado no es absoluto sino más bien es solamente indicativo del resultado obtenido para el agua en el momento que fue colectada la muestra. Esto significa que es necesario instalar un filtro que nos garantice que si en algún momento el agua del pozo se sale de los parámetros de turbidez, debido al incremento de materias extrañas particuladas en el efluente, que sean retenidas en el filtro y se obtenga después del filtro, agua que siempre esté dentro de norma.

Por otro lado, aunque el parámetro que indica la turbidez del agua esté siempre dentro de norma, el resultado se reporta como  $<5.00\text{NTU}$ . Esto indica que, aún en pequeñas cantidades, siempre se arrastran en el agua materias extrañas particuladas. Estas, deben ser removidas en este punto, porque se sugiere en las etapas posteriores del Sistema de Tratamiento equipos como: Filtro de carbón activado y desionizadores. Para que estos equipos realicen su función, se debe hacer pasar el efluente a través de ellos. En el caso del filtro de carbón, el efluente pasa a través de un lecho de carbón activado y en el caso de los Desionizadores, el efluente pasa a través de un lecho de resina de intercambio iónico. Si al pasar a través de ellos, el efluente acarrea consigo materias extrañas particuladas, estas son retenidas en este punto provocando la obstrucción de los equipos y que su tiempo de operación se reduzca significativamente. De tal modo que, se sugiere la instalación de un filtro para proteger a los equipos que se encuentran en las etapas posteriores del Sistema de Tratamiento y para prolongar el tiempo de operación del filtro de carbón activado y de los desionizadores.

La otra razón por la cual se sugiere la instalación de un filtro en este punto es porque el cloro aplicado en la etapa previa, es un oxidante fuerte. Cuando el cloro entra en contacto con algunas de las impurezas que trae el agua puede formar precipitados, los cuales deben ser removidos por medio de un filtro. Tal es el caso, de minerales como hierro y manganeso.

Hay dos clases básicas de filtros: filtros de superficie, tales como los filtros Gelman de membrana plegada, y filtros de profundidad, tales como filtros de arena o de fibra comprimida (cartucho).

Cada filtro de diferente clase puede ser adicionalmente subdividido en diferentes tipos de unidades de filtración. Los filtros de superficie incluyen tanto los filtros de cartucho de membrana plegada como filtros precubiertos. Los filtros de profundidad incluyen filtros de fibra comprimida (cartucho), filtros de arena, y filtros de medios mezclados.

Las ventajas y desventajas de cada tipo de filtro se presentan en la TABLA No. 1 del Anexo B (página 62).

De acuerdo a lo anterior, el tipo de filtro seleccionado para este sistema es un filtro de arena, debido a las ventajas que representa: brinda prolongados funcionamientos, cubren

un amplio rango en la remoción de turbidez, se tiene poca caída del flujo y bajo costo de energía. Además, de acuerdo a los resultados la cantidad de contaminantes gruesos no es elevada.

### **C. Cisterna:**

Se sugiere que después de pasar por el filtro de arena, el agua sea conducida hasta una cisterna que sea capaz de retener un volumen de agua tal, que garantice el abastecimiento a la planta por si existiera algún desperfecto mecánico de la bomba del pozo.

Así mismo, la retención de agua en la cisterna, permite que se tenga el tiempo de contacto necesario entre el cloro y el agua para lograr un tratamiento de desinfección que garantice un resultado adecuado de microbiología.

### **D. Tanque elevado:**

En este punto del Sistema de Tratamiento, el agua es adecuada para uso doméstico, por lo que se sugiere alimentar con esta agua un tanque elevado que provea, por gravedad del agua potable que se utiliza en las oficinas, baños, etc.

El tratamiento posterior que se le da al agua de proceso, representa un costo adicional que no es necesario invertir en el agua de servicio doméstico.

Con un tanque elevado se tiene la ventaja de que se cuenta con agua, aunque no se tenga fluido eléctrico, ya que el agua baja por efecto de la gravedad. Esto puede ser de mucha utilidad al momento de una emergencia, por ejemplo un incendio.

### **E. Filtro de carbón:**

Después que el agua sale de la cisterna, viene con un residual de cloro entre 0.5 – 1.0 mg/L, el cual ya ha brindado su acción de desinfección que nos garantiza una agua microbiológicamente sana. De modo que, en este momento es necesario removerlo del agua.

El cloro residual no puede permanecer en el agua debido a que seguramente provocaría alteraciones en el sabor de las bebidas procesadas. Además, el cloro es un

compuesto químico altamente oxidante que seguramente causaría problemas en la estabilidad de las bebidas provocando mal sabor o mal aspecto en tales bebidas.

Se sugiere que la eliminación del cloro se lleve a cabo en este punto del Sistema de Tratamiento porque posteriormente se tiene en el sistema una etapa de desionización, y el cloro residual causa degradación en las resinas de intercambio.

La manera que se sugiere para la eliminación del cloro residual que trae el agua, es por medio de la instalación de un filtro de carbón activado.

El carbón activado es un material natural que se utiliza normalmente para remover cloro, y contaminantes presentes como: sabores, olores y demás químicos orgánicos. El carbón activado posee millones de agujeros microscópicos que: atraen, capturan y rompen moléculas de contaminantes presentes.

Hay tres tipos de carbón activado comercialmente disponibles: carbón activado granular (GAC), carbón activado en polvo (PAC), y bloques comprimidos de carbón. El GAC es el método sugerido para utilizarse en este Sistema de Tratamiento de Agua, debido a que tiene más larga vida, y es altamente efectivo.

En la eliminación del cloro por medio de un filtro de GAC, el cloro residual reacciona con el carbón destruyendo tanto el cloro libre como la “activación” del carbón o la capacidad de adsorber contaminantes.

Más específicamente, el carbón remueve el cloro residual principalmente por una reacción química, que convierte el cloro residual en ión de cloruro.

Los filtros de carbón son muy eficientes en la remoción de cloro.

Los filtros de GAC también tienen la capacidad de ser utilizados para la remoción de contaminantes químicos orgánicos a niveles extremadamente bajos (usualmente un bajo rango de partes por billón), (Ver TABLA No. 2 del Anexo B, página 64) por lo que, esto representa otra ventaja que brinda al Sistema de Tratamiento la instalación del mismo.

La eficiencia de un filtro de GAC en la eliminación de contaminantes orgánicos, depende del tipo de contaminante a ser removido. Por ejemplo, el GAC adsorbe fuertemente muchos pesticidas y fenoles. Por otra parte, los trihalometanos (THMs) y otros solventes (compuestos orgánicos volátiles o VOCs) son sólo débilmente adsorbidos.

En la Tabla No. 3 del Anexo B (página 64) se incluyen las prácticas recomendadas para que los filtros de GAC cumplan con el límite de IBWA con respecto a los THMs. Así

mismo, en la Tabla No. 4 del Anexo B (página 66) se presentan los pasos para la Regeneración de vapor de una cama de GAC.

A medida que un filtro de carbón es utilizado, el número de sitios disponibles para la adsorción disminuye. El contaminante tiene que pasar más y más dentro de la cama de carbón antes de que sea adsorbido en el carbón. Esto significa que, con el uso, la cama de GAC se torna menos efectiva para remover los contaminantes orgánicos y después que se ha agotado su tiempo de vida útil, es necesario reemplazarla.

La vida de una cama de GAC, i.e., la cantidad de tiempo antes de tornarse sobrecargada con contaminantes, depende de la carga de contaminante que trae el agua y el volumen de agua que fluye a través de la cama (galones por minuto). En este sistema de tratamiento de agua, la cama de GAC es utilizada mayormente como una unidad de descloración. En este caso, la vida del carbón es extremadamente larga. En teoría la unidad debería tener una vida útil de 5 – 6 años. Sin embargo, debe ser el proveedor del filtro quien indique más acertadamente el tiempo en que será necesario reemplazarla.

## **F. Desionizadores:**

Según se muestra en la tabla de resultados de los análisis realizados al agua del pozo, los minerales que se requieren eliminar son: Nitrato, Boro y Cobre. Según se observa en dicha tabla el residual de nitrato del agua es de 14.6 mg/L. Este valor es menor que el límite máximo permisible, que es de 45.00 mg/L. Pero, es superior al límite máximo aceptable que es de 0.00 mg/l. En el caso del residual de Boro y Cobre, se tiene la misma situación: El residual de Boro se reporta como < 0.1 mg/l, estando abajo del límite máximo permisible que es 1.00 mg/l, pero puede estar arriba de 0.00 mg/l, que es el límite máximo aceptable. El residual de Cobre se reporta como < 0.1 mg/l, estando abajo del límite máximo permisible que es 1.50 mg/l, pero puede estar arriba de 0.05 mg/l, que es el límite máximo aceptable.

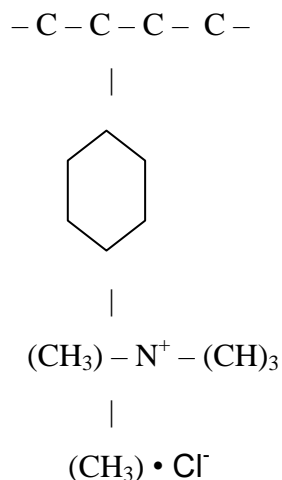
El residual de estos minerales no deseables son removidos eficientemente mediante procesos de desmineralización (intercambio de iones), por lo que se sugiere en este punto del sistema de tratamiento la implementación de dos unidades de intercambio iónico: una unidad de intercambio catiónico y una unidad de intercambio aniónico.

La desmineralización, se basa en el principio que muchos minerales que se encuentran en el agua, están presentes como iones eléctricamente cargados. Para la desmineralización se utilizan resinas sintéticas de intercambio de iones como medio para el tratamiento del agua.

El tratamiento de desmineralización remueve tanto los iones positivos como los negativos, haciendo pasar el agua que contiene minerales a través tanto de una resina de intercambio de cationes como una resina de intercambio de aniones. La resina de cationes tiene iones de hidrógeno positivamente cargados ( $H^+$ ) adheridos a ella, mientras que la resina de aniones tiene iones de hidróxido negativamente cargados ( $OH^-$ ) adheridos a ella. Los minerales positivamente cargados – cationes – se adhieren a la resina de cationes, liberando iones de hidrógeno al agua. Similarmente, los minerales negativamente cargados – aniones – se adhieren a la resina de aniones, liberando iones de hidróxido al agua.

De la desmineralización resulta que los iones minerales indeseables, tanto los cationes positivos como los aniones negativos, permanecen en los glóbulos de las resinas. Los iones positivos de hidrógeno ( $H^+$ ) y los iones negativos de hidróxido ( $OH^-$ ) se combinan inmediatamente para formar agua ( $HOH$  ó  $H_2O$ ). Nada sino agua es agregada al agua en el proceso.

Comercialmente se emplean dos variedades generales de intercambiadores de aniones: intercambiadores de base débil e intercambiadores de base fuerte. El grupo funcional de un intercambiador de aniones es una amina, el equivalente orgánico del amoníaco. Los intercambiadores de base débil contienen un grupo de aminas secundarias o terciarias,  $RR'-NH$  ó  $RR'-N-R'$ , que puede adsorber ácidos fuertes –  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  – sin tener prácticamente capacidad de intercambio para ácidos débiles –  $CO_2$ ,  $SiO_2$  y ácidos orgánicos. Los intercambiadores de base fuerte contienen una amina cuaternaria  $R R' R'' R''' N^+ \cdot Cl^-$ , que puede intercambiar aniones. La resina cuaternaria más común tiene la fórmula –  $R \cdot N(CH_3)_3 \cdot Cl$ , o en forma estructural.



Para este Sistema de Tratamiento, se sugiere la utilización de una resina de intercambio de aniones de base débil, debido a que los compuestos que se quieren eliminar: Nitrato, Boro y Cobre, forman en la unidad de intercambio de cationes, un ácido fuerte.

Una vez que las resinas de intercambio están saturadas, el proceso es invertido, usando un ácido mineral para regenerar la resina de cationes y una solución caustica para regenerar la resina de aniones.

Las resinas mismas no son consumidas durante el proceso de intercambio y regeneración, excepto por una pequeña cantidad que se pierde cuando son fragmentados los glóbulos de las resinas que se frotan unos contra otros, especialmente durante el retrolavado.

Las resinas pueden ser regeneradas y reutilizadas repetidamente. En teoría, las resinas de cationes pueden dar buena efectividad durante aproximadamente diez años, mientras que las resinas de aniones pueden durar hasta cinco años. Sin embargo, debe ser el proveedor de las resinas quien indique más acertadamente el tiempo en que será necesario reemplazarlas.

En la Tabla No. 5 del Anexo B (página 67), se muestran algunas de las resinas comerciales más conocidas y que pueden utilizarse para el proceso de desmineralización.

La desmineralización no reduce el TSD (Total de Sólidos Disueltos) causados por material orgánico no iónico, ni especies iónicas débiles, tales como carbonato o sílice. Para ello, se requiere una resina de base fuerte (anión).

Para la etapa de desmineralización no es recomendable utilizar la resina Purolite Tipo II, debido a que no es apta para el tratamiento de agua potable. Además, la resina Purolite A 300 fue reportada en 1987 como la fuente del carcinógeno óxido de etileno en el agua potable tratada por una unidad de punto de entrada para remover nitrato.

Existen dos tipos distintos de unidades de desionización: sistema de 2 camas y cama mezclada. Un desionizador de 2 camas consiste de dos vasijas separadas, la primera conteniendo la resina de cationes y la segunda de resina de aniones. Un desionizador de cama mezclada consiste en una sola vasija conteniendo en ella, ambos tipos: la resina de cationes y la resina de aniones.

Dependiendo de la calidad del agua alimentada y la calidad final deseada, estos dos sistemas pueden ser utilizados separadamente o juntos. Si se usan juntos, el sistema de 2 camas provee un tratamiento inicial y la cama mezclada produce agua con muy bajo contenido mineral.

Según la calidad de agua para la cual está desarrollado este Sistema de Tratamiento de Agua se seleccionó únicamente el sistema de 2 camas, debido a que los residuales de contaminantes se encuentran en cantidades relativamente bajas.

La operación del desionizador de 2 camas involucra cuatro ciclos:

Procesamiento del agua

Retrolavado

Regeneración

Enjuague

Durante el procesamiento del agua, se desarrolla el proceso de intercambio descrito anteriormente, en el cual se eliminan los iones cargados positivamente y negativamente.

Durante esta etapa de procesamiento del agua, si el proceso de intercambio iónico continúa hasta el agotamiento, los iones que aparecerán primero en el efluente serán  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{Na}^+$ . Esto se debe a la selectividad o preferencia que tiene el intercambiador de cationes por ciertos iones. Una lista de selectividad se muestra en la Tabla No. 6 del Anexo B (página 68). Por tal razón, es muy importante llevar a cabo un adecuado programa de control para obtener siempre un agua de buena calidad.

Es necesario que las unidades de desionización se controlen monitoreando constantemente una variable indicadora, como es el caso de la conductividad del agua que se obtiene a la salida de las mismas. Debe ser chequeada, la conductividad del agua, como mínimo, al inicio de operación de las unidades y cada hora.

Preferiblemente, se deben utilizar controles automáticos para apagar el sistema cuando se alcanza un nivel prefijado de conductividad. Se deben conservar los registros de cada regeneración y el número de galones producidos por ciclo registrado, para un adecuado control.

Después que la resina ya ha sido agotada, se llevan a cabo los siguientes tres ciclos, para la unidad de intercambio de cationes y de aniones: Retrolavado, Regeneración y Enjuague, en la Tabla No. 7 del Anexo B (página 69), se brinda una descripción más detallada de estas etapas.

En el Anexo B se incluyen en la Tabla No. 8 (página 69), algunos de los problemas que con mayor frecuencia se podrían enfrentar al instalar en el Sistema de Tratamiento de Agua sugerido una unidad de desionización.

### **G. Tanques de agua tratada:**

Se sugiere implementar un sistema de acumulación de agua tratada, el cual provea al sistema de la garantía de contar con una cantidad suficiente de agua tratada que permita el abastecimiento continuo a la planta de proceso, durante el tiempo que sea necesario poner en los ciclos de regeneración y retrolavado, al filtro de arena, al filtro de carbón y a las resinas del desionizador. Además, si ocurriera de improviso algún desperfecto mecánico u otra causa que provoque una parada abrupta del proceso, se cuente con una cantidad suficiente de agua tratada que permita completar el programa de parada del equipo de proceso, sin verse en la necesidad de usar para ello agua sin tratar.

La acumulación de agua tratada, se lleva a cabo por medio de dos tanques de igual volumen. Se utilizan dos tanques porque si alguno de los tanques sufriera de alguna perforación, aún se cuenta con el segundo tanque para que garantice el abasto.

Los tanques de almacenamiento deben ser lisos por dentro. Los materiales de soldadura deberán ser esmerilados. Los tanques remachados deben evitarse, debido a que

las cabezas de los remaches con frecuencia presentan una condición de hendedura y, por lo tanto, inaceptable para la instalación del forro apropiado.

Debe haber amplio espacio alrededor de un tanque para (a) instalación, (b) inspección, (c) mantenimiento. Los tanques tienen que tener un fuerte soporte para evitar esfuerzo y torcimiento.

Los tanques idealmente deberían ser de acero inoxidable. Sin embargo, debido al alto costo se pueden fabricar de otro material. Pero, todos los tanques metálicos deberán ser forrados. Los forros pueden ser de resinas sintéticas, tales como Amercoat 33 (vinilo); Keysite; o Plástico (resina epoxídica blanca), porcelana (forro de vidrio); o cera (Ceresin AA). El material del forro no deberá impartir impurezas, sabor, u olor al agua almacenada y tiene que cumplir con los estándares de la FDA para almacenamiento de agua potable.

### **H. Tanque hidroneumático:**

Se instala un tanque hidroneumático para que el agua tratada ingrese a la planta a un rango de presión requerido por el equipo de proceso y para que ese rango de presión sea constante.

En este punto el agua ya cumple con los parámetros requeridos para mandar un ramal de tubería para los servicios: caldera, banco de hielo y torre de enfriamiento. También de aquí sale el agua para realizar las rutinas de limpieza y saneamiento del equipo de proceso y de las áreas generales de la planta. El agua en este punto ya está libre de los iones indeseables, no tiene cloro y es agua microbiológicamente sana.

### **I. Filtros pulidores:**

La función de estos filtros es detener las impurezas pequeñas (sólidos hasta 5 micras) que pudieran haber sido arrastradas en el agua hasta este punto. Estos filtros son muy importantes, ya que es común que el agua arrastre partículas de resina fragmentada desde la batería de Intercambio Iónico. Los pulidores pueden ser fabricados en acero inoxidable o polipropileno grado alimenticio (Según norma de FDA) y el material de filtración puede ser por medio de cartuchos de celulosa poliéster. Antes de pasar por los filtros pulidores la calidad del agua es muy buena, de modo que se espera que el tiempo de vida útil para estos filtros sea de 6 a 12 meses. Después de este tiempo se recomienda el

reemplazo de los cartuchos de filtración. Así mismo, es muy aconsejable realizar una vez al mes una inspección y limpieza.

## **J. Lámpara de luz ultravioleta:**

Es un purificador bacteriológico que actúa por medio de la luz ultravioleta.

Los rayos ultravioletas, al bombardear el agua, destruyen absolutamente las bacterias, hongos, algas, virus, protozoarios. El agua al recibir los rayos ultravioletas no es afectada en su contenido químico, ni en su color o sabor y al salir de la tubería del rayo ultravioleta va libre de gérmenes vivos.

Algunas lámparas tienen una potencia de penetración de hasta 30 cms. Y pueden destruir todo microorganismo viviente, tan sólo con una exposición de 4 segundos. El diseño de estas lámparas dota al flujo de cierta turbulencia y permite que el tiempo de exposición de rayos sea de 20 a 30 segundos como margen de seguridad.

Las lámparas tienen un período de vida útil de 15,000 horas.

## **IX. CONCLUSIONES**

1. El Sistema Propuesto, mediante las etapas de: cloración, filtración particulada, tiempo de residencia en cisterna y filtración por carbón activado, logra proveer de agua libre de microorganismos patógenos.
2. El Sistema Propuesto, mediante las etapas de: Desionización, logra proveer de agua con un contenido de Nitrato, Boro y Cobre debajo del límite máximo permisible.
3. El agua obtenida cumple con los requisitos para ser usada en el procesamiento de bebidas lácteas y jugos de frutas reconstituidos mediante técnicas de procesamiento y llenado aséptico.
4. El agua obtenida, debido a sus características puede ser utilizada en los procedimientos de limpieza y saneamiento del equipo de proceso.

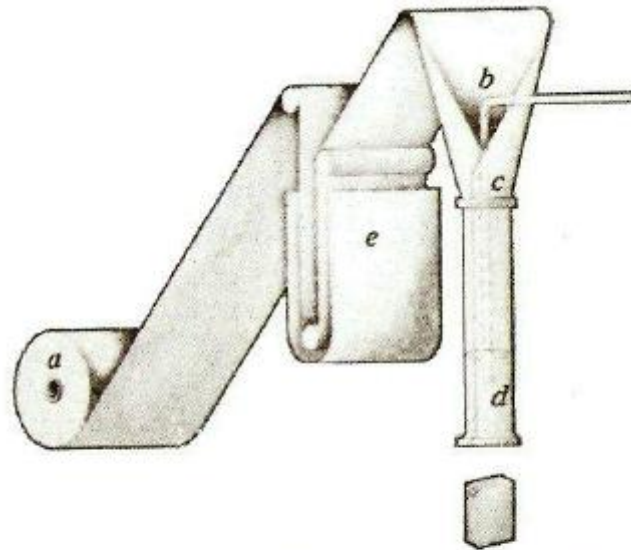
## **X. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda evaluar periódicamente los parámetros del agua tratada que provee el sistema, para poder detectar cualquier anomalía y llevar a cabo inmediatamente las acciones correctivas pertinentes.
2. Se recomienda tener un programa de control cruzado de los resultados de las variables de control que monitorea diariamente el laboratorio propio de la planta, por medio de un laboratorio externo, por menos cada seis meses; para garantizar que el Sistema de Tratamiento de Agua está brindando los resultados esperados.
3. Se recomienda llevar a cabo, por parte de la dirección técnica de la empresa, el dimensionamiento de los equipos seleccionados en el Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua.

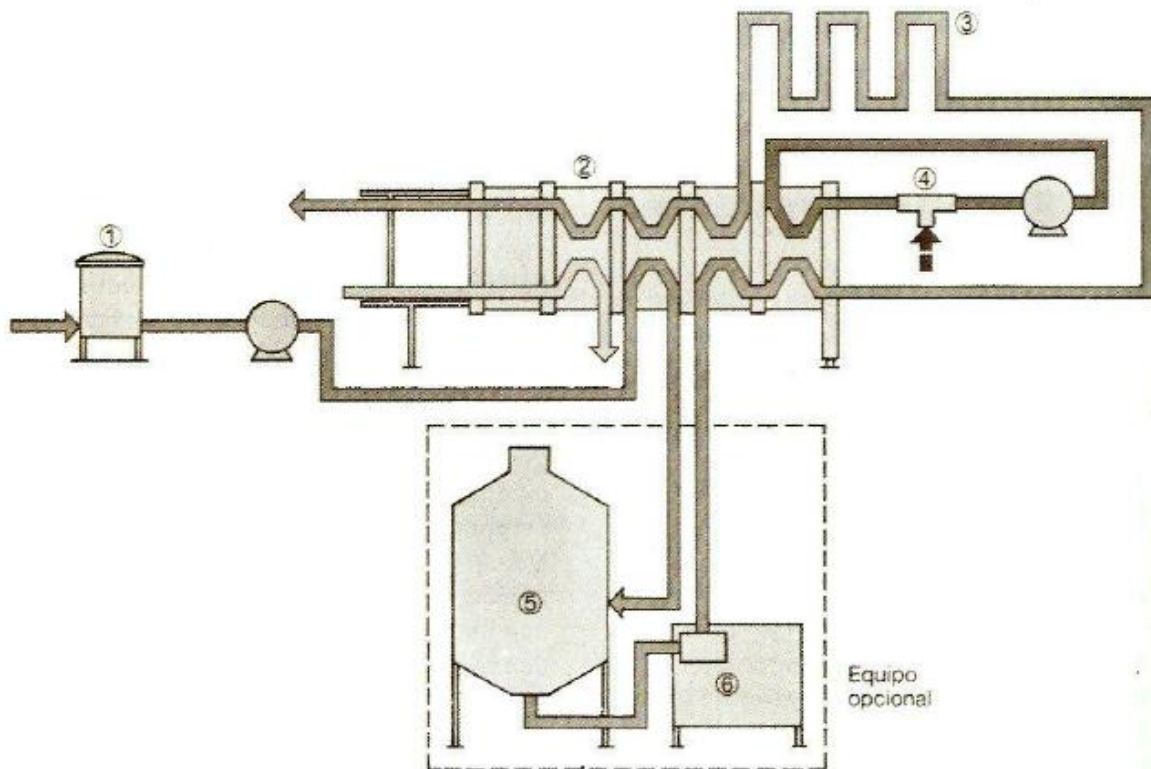
## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. *Agua Potable*. [www.paho.org](http://www.paho.org). Mayo, 2000.
2. *Equipo de Tratamiento de Agua*. [www.acsmedioambiente.com](http://www.acsmedioambiente.com). Marzo, 2000.
3. International Dairy Federation Special Issue No. 9001. 1988. *Recombination of Milk and Milk Products*. International Dairy Federation. Bélgica.
4. Kemmer, F., McCallion J. 1990. *Manual del Agua*. McGraw-Hill. 1era. Edición al español, México.
5. *Law and Regulations*. [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Mayo, 2000.
6. Madrid, A., Cenzano, I., Vicente, J.M. 1994. *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*. A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid.
7. Perry, R., Chilton, C. 1986. *Manual del Ingeniero Químico*. McGraw-Hill. 2da. Edición al español, México.

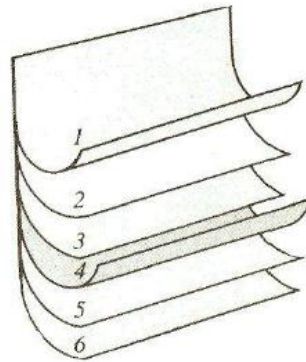
## **XII. ANEXO A**



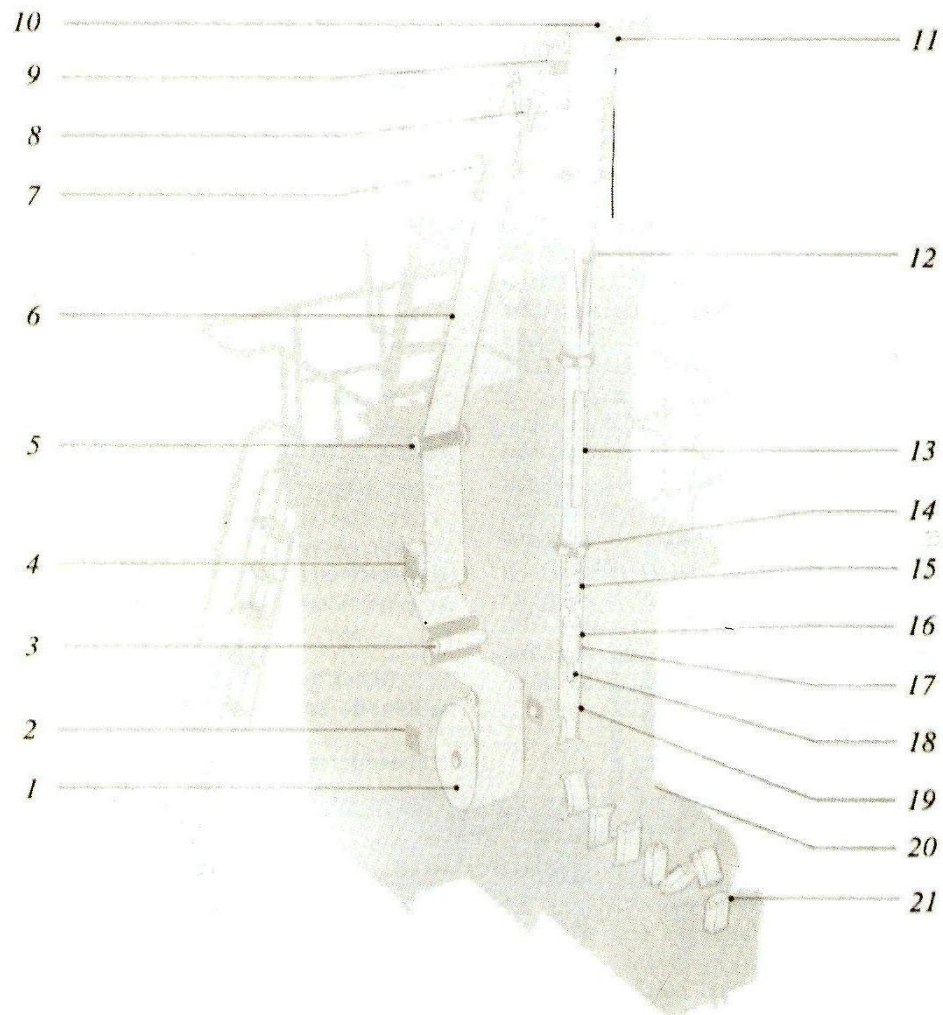
Esquema 41.—Sistema de llenado aséptico. a) Rollo de Cartón. b) Tubo de llenado. c) Comienzo del enrollado del papel. d) Cierre de los envases. e) Baño estéril.



Esquema 42.—Instalación de tratamiento térmico de bebidas ácidas, antes de su llenado aséptico en envases de cartón (cortesía de Alfa Laval).



Esquema 43.—Capas que componen el material del que están hechos los envases para llenado aséptico (Tetra Pak). 1. Polietileno. 2. Papel y decoración. 3. Polietileno. 4. Aluminio. 5. Polietileno. 6. Polietileno.



Esquema 44.—Principio de funcionamiento de una llenadora aséptica (cortesía de Tetra Pak). 1. Rollo de material. 2. Célula fotoeléctrica. 3. Rodillo para ablandar el material. 4. Marcador. 5. Rodillo de cambio de dirección. 6. Registrador de empalmes. 7. Aplicador de cinta. 8. Baño estéril. 9. Rodillos de prensado. 10. Cubierta. 11. Rodillo superior de cambio de dirección. 12. Tubo de llenado. 13. Elemento calefactor. 14. Anillo formador. 15. Calentador tubular. 16. Nivel del líquido. 17. Flotador. 18. Extremo final del tubo de llenado. 19. Cierre. 20. Desvío de envases con empalmes. 21. Envases terminados.

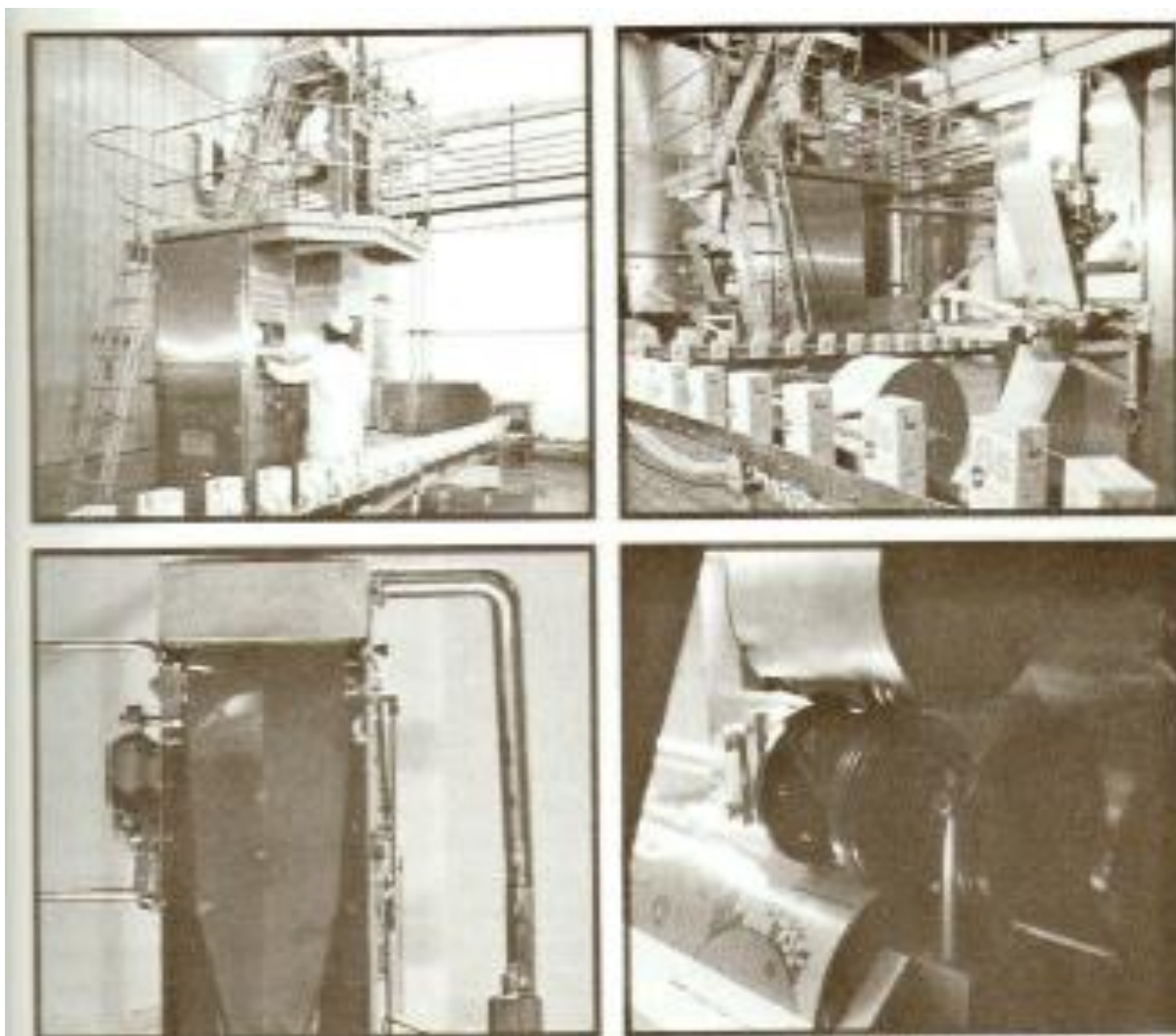
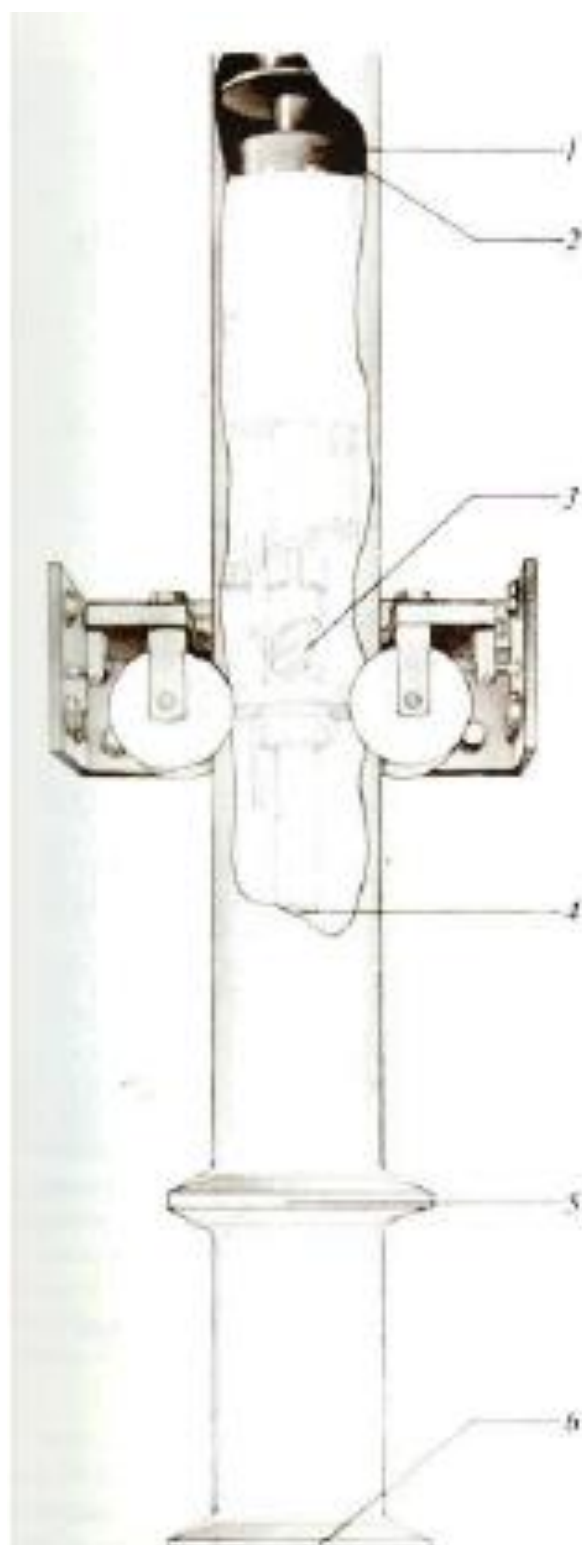


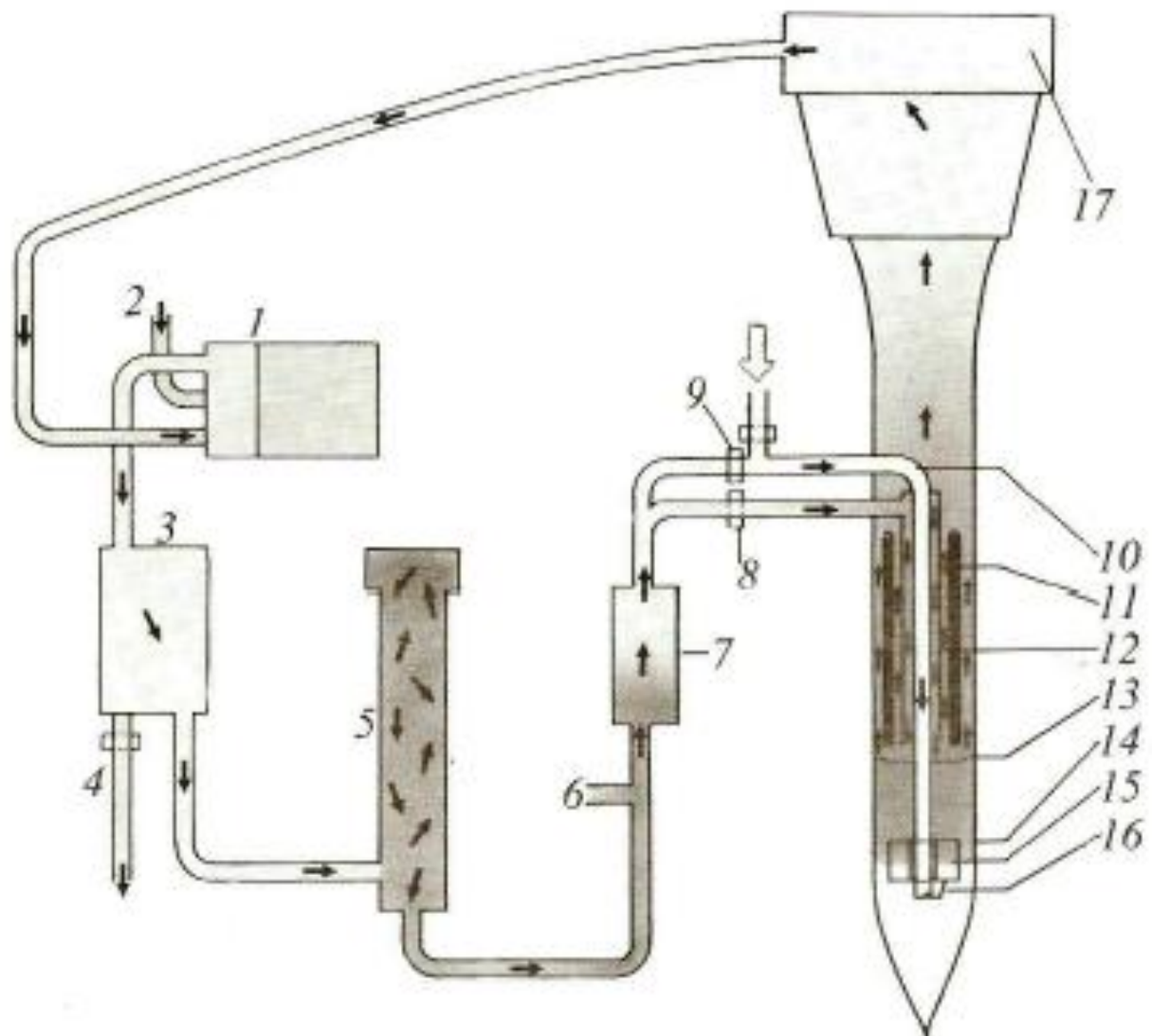
Fig. 45.—Vistas generales y parciales de la envasadora aseptica (cortesía de Tetra Pak).



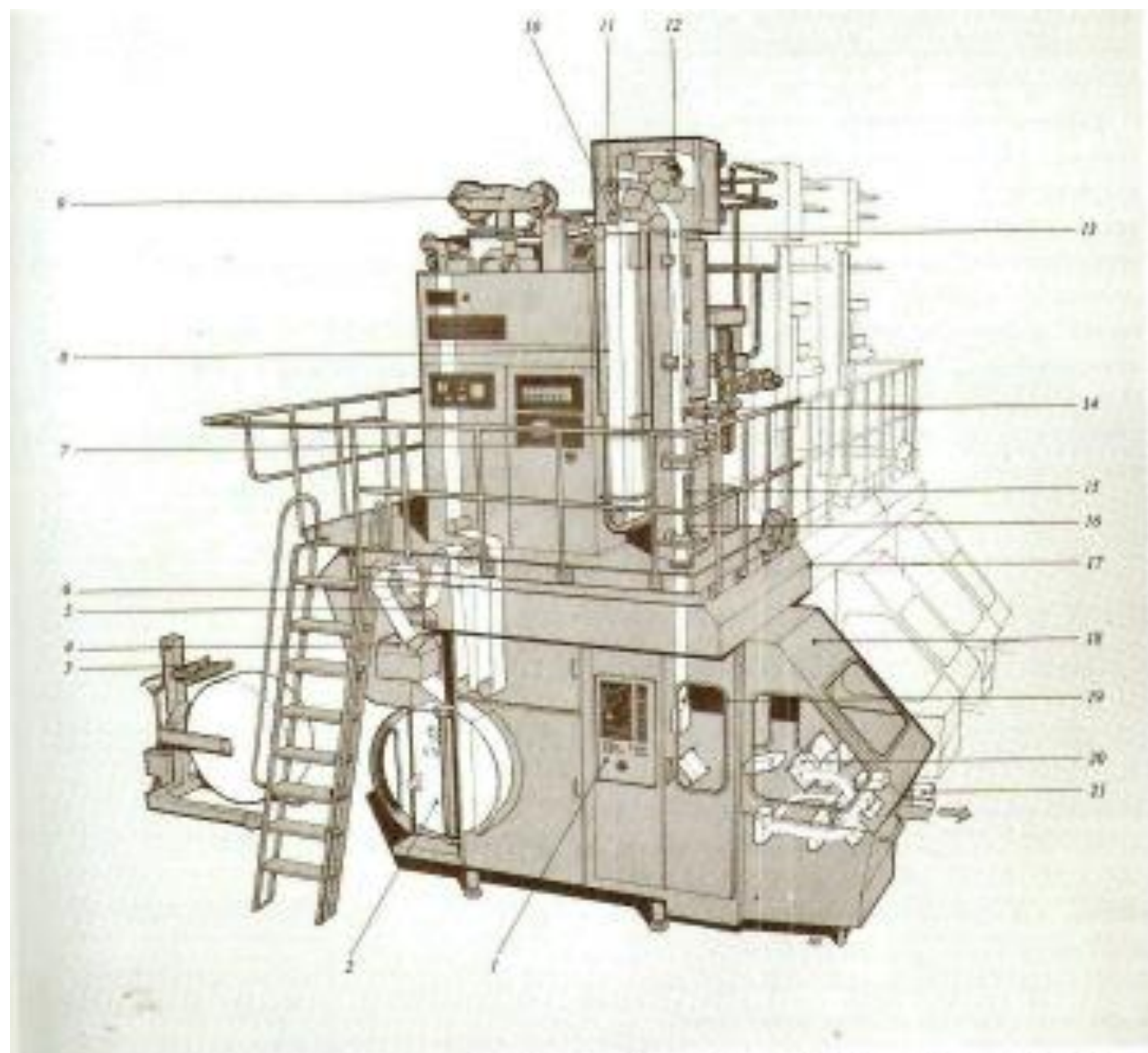
Fig. 46.—Envases asepticos de diversas formas y volúmenes.



Esquema 47.—Regulación del nivel de líquido en una llenadora aseptica (cortesia de Tetra Pak).  
 1. Flotador. 2. Nivel del líquido. 3. Válvula de mariposa. 4. Final del tubo de llenado. 5. Cierre transversal de los envases. 6. Corte de los envases.



Esquema 48.—Sistema de aire estéril (cortesía de Tetra Pak). 1. Compresor. 2. Entrada de agua. 3. Separador. 4. Válvula de desagüe. 5. Calentador. 6. Desvío de aire caliente. 7. Enfriador de aire. 8. Válvula. 9. Válvula para esterilización. 10. Tubo de Menado. 11. Tubo de entrada de aire. 12. Calentador. 13. Conducción hacia arriba del aire. 14. Nivel de líquido. 15. Flotador. 16. Válvula de mariposa. 17. Cubierta.



Esquema 49.—Envasadora aséptica (Tetra Pak). 1. Panel de control. 2. Bobina con el material para los envases. 3. Carretilla para el transporte de bobinas. 4. Equipo para el empalme automático de bobinas. 5. Marcador. 6. Cilindros de cambio de dirección del papel. 7. Sistema de control electrónico. 8. Baño esterilizante. 9. Aplicador de cinta. 10. Rodillos de prensado. 11. Boquilla de aire para secado del papel. 12. Devanadera. 13. Comienzo del enrollado del papel. 14. Tubo de llenado. 15. Empalme longitudinal. 16. Elemento para cortar interrupciones. 17. Conexión a otras máquinas. 18. Cubierta desmontable. 19. Cierre de los envases. 20. Doblado de los envases. 21. Salida de envases terminados.

## **XII ANEXO B**

**TABLA No. 1:** Ventajas vrs. desventajas de diferentes filtros particulados

<b>Tipo de filtro</b>	<b>Clase</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Membrana Plegada (filtros absolutos)	Superficie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua de alta claridad producida</li> <li>2. Reemplazo rápido</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacidad pequeña</li> <li>2. No usado con ayudas de filtración</li> <li>3. Costoso</li> <li>4. Pericia requerida para apropiada instalación</li> </ol>
Precubierto	Superficie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiene soporte para ayuda de filtración o carbón.</li> <li>2. Area grande de adhesión de partículas dentro de la caja compacta.</li> <li>3. La composición del medio del filtro puede ser ajustada para proveer la calidad de filtrado deseada.</li> <li>4. Con carbón, los sabores y olores pueden ser removidos junto con las partículas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El revestimiento puede ser inapropiadamente realizado.</li> <li>2. El lavado de bolsas o enredado, especialmente cuando tiene revestimiento de carbón.</li> <li>3. Los revestimientos pueden desarrollar grietas.</li> <li>4. “Alimentación del cuerpo” del revestimiento de la ayuda de filtros es frecuentemente practicada.</li> </ol>
Fibra comprimida	Profundidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua de alta claridad producida.</li> <li>2. Reemplazo fácil, rápido</li> <li>3. Adecuado para planta de agua embotellada.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bastante caro.</li> <li>2. No diseñado para agua cruda sucia.</li> <li>3. Posiblemente se abre paso a través de las fibras.</li> <li>4. Tiene que tenerse cuidado cuando se usen filtros de polipropileno para evitar la contaminación del producto.</li> <li>5. El uso puede degradar las fibras.</li> </ol>

**TABLA No. 1(CONTINUACIÓN...):**  
Ventajas vrs. desventajas de diferentes filtros particulados

Tipo de filtro	Clase	Ventajas	Desventajas
Arena	Profundidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prolongados funcionamientos de la llenadora.</li> <li>2. Diseñado para amplio rango en remoción de turbidez.</li> <li>3. Poca caída del flujo</li> <li>4. Bajos costos de energía.</li> <li>5. Ayudas de filtración pueden ser utilizados.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gran espacio requerido</li> <li>2. Interrupción de flujo puede causar que las materias particuladas se abran paso.</li> <li>3. Máxima calidad aproximadamente 1-2 NTU.</li> </ol>
Medios mezclados (inversamente escalonados)	Profundidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tasa de flujo grande (5GPM/Pie<sup>2</sup> o más)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Más costoso que los filtros de arena.</li> <li>2. Funcionamientos prolongados del filtro.</li> </ol>

**TABLA No. 2:** Orgánicos volátiles con 99% de remoción por GAC

Benceno
Tetracloruro de carbono
Para-Diclorobenceno
1,2-Dicloro-etano
1,1,1-Tricloro-etano
Tricloro-etileno (TCE)
Cloruro de Vinilo
Trihalometanos
-cloroformo
-bromoformo
-bromodiclorometano
-dibromoclorometano

**TABLA No. 3:** Prácticas recomendadas por la IBWA para asegurar que un sistema de filtro GAC logre reducciones por debajo de 10 ppb de TTHM

(1)	Separar el filtro GAC para cada producto. Proveer un filtro de carbón separado para cada tipo de producto, e.g., manantial, potable, pozo. Esto no solamente incrementará la capacidad de carbón disponible para cada tipo de producto, sino que también eliminará la contaminación cruzada. Por ejemplo, si agua de manantial, la cual está libre de THMs detectables, es pasada a través de un filtro de carbón el cual ha sido utilizado para filtrar agua municipal con alto nivel de THMs, la calidad del agua de manantial probablemente se degradará.
(2)	Maximizar el contenido de carbón del filtro. Eliminar las capas de grava dentro de su filtro de carbón. Algunas de las más viejas unidades de filtros pueden ser construidas con estratos de soporte de arena y grava. Estos deberán ser reemplazados o modificados con sistemas de soporte corrientemente disponibles hechos de una serie de laterales y un fuerte cedazo de soporte. Esta modificación incrementará la profundidad del carbón en el filtro y además permitirá el uso de vapor para regenerar el carbón.
(3)	Permitir la regeneración de vapor. Construir el filtro de GAC que permite la regeneración con vapor. La plomería deberá ser de acero inoxidable y el forro del tanque del filtro tiene que poder resistir temperaturas de por lo menos 212°C. La regeneración de vapor aumenta significativamente la vida de un filtro de GAC. Los THMs adsorbidos en el carbón pueden ser parcialmente removidos “volatilizándolos” con vapor atmosférico. Por lo tanto, el nivel de materia orgánica adsorbida en la superficie del carbón se reduce. Una típica regeneración de vapor toma aproximadamente 6 horas; referirse al parágrafo (4), sobre regeneración de vapor, para más detalles.

**TABLA No. 3 (CONTINUACIÓN...):** Prácticas recomendadas por la IBWA para asegurar que un sistema de filtro GAC logre reducciones por debajo de 10 ppb de TTHM

(4)	Regenere el GAC con frecuencia. La frecuencia de la regeneración depende principalmente de la calidad y cantidad del agua de la fuente que está siendo tratada. Nuevo carbón proveerá virtualmente completa remoción de THM. Con regeneración de vapor, la efectividad de la regeneración de carbón es dramáticamente mejorada si la carga de THM en el GAC es baja y concentrada cerca de la parte superior de la cama. Un programa de frecuente regeneración de vapor también significa que los THMs adsorbidos tienen una distancia más corta para viajar antes de ser expulsados del filtro.
(5)	Pruebe el agua trimestralmente para THMs. Incremente la frecuencia de las pruebas del agua de la fuente y de producto para THMs. Reducir el nivel aceptable de THMs en el agua de producto requiere eficiente remoción de THMs por el GAC. Solamente a través de más frecuentes pruebas puede determinarse eficientemente un preciso patrón de remoción de GAC/THM para una planta individual de agua. Un programa de regeneración más eficiente puede entonces ser desarrollado. Si el agua municipal es utilizada como fuente de agua, los datos de THM pueden probablemente ser obtenidos del departamento de acueducto local sin costo.
(6)	Haga retrolavado del GAC con agua de producto. No retrolave el filtro de GAC con agua que tenga alto nivel de THM. Si el GAC es periódicamente retrolavado, es importante recordar que cualesquiera contaminantes orgánicos en el agua de retrolavado serán adsorbidos en la porción del fondo de la cama de GAC. Cuando el procesamiento del agua sea reasumido, estos contaminantes serán “vaciados” dentro del producto. Es probable que un nivel de 10 ppb de TTHM será excedido.
(7)	NO sanee el GAC con cloro. No intente sanear porción alguna del filtro de GAC para remover materias orgánicas con cloro. Tal procedimiento resultará en posible “vaciado” de materias orgánicas cloradas dentro del agua de producto.
(8)	Reemplace el carbón regularmente. Reemplace el carbón en el filtro de GAC cuando la regeneración de vapor ya no sea efectiva. Con el tiempo, el procedimiento de regeneración de vapor se tornará menos efectiva. En algún punto la regeneración de vapor deja de ser efectiva en costo. En este momento es mejor reemplazar el carbón en el filtro de GAC

**TABLA No. 4:** Pasos para la regeneración con vapor de la cama de GAC

<b>(1) Materiales y equipo</b>
a. Fuente de vapor
b. Guantes protectores
<b>(2) Procedimiento</b>
a. Abra el paso del filtro y cierre todas las válvulas de entrada y salida del filtro.
b. Drene el filtro a través de la válvula de drenaje del fondo y remueva la escotilla.
c. Después que el filtro esté completamente drenado, cierre la válvula de drenaje del fondo y aisle toda la plomería plástica del filtro.
d. Fije la válvula de vapor a la entrada de vapor del fondo.
e. Lentamente abra la válvula de vapor (deberá ser una válvula de compuerta) $\frac{1}{2}$ a 1 vuelta. No abra más hasta que todos los sonidos de chasquidos y crujidos hayan terminado.
f. Cuando los ruidos hayan terminado, abra la válvula una vuelta más. Observe el filtro hasta que el vapor comience a salir de la escotilla superior. PELIGRO: No toque. Todo el filtro se tornará lo suficientemente caliente para causar serias quemaduras.
g. Cuando el vapor salga de la parte superior, ajuste la válvula de modo que el vapor salga suavemente en oleadas por encima. No deberá salir estruendosamente, porque el carbón o será arrastrado afuera con el vapor o será pulverizado en el fondo del filtro.
h. Continúe aplicando vapor al filtro durante seis horas. Después de seis horas, cierre el vapor, remueva la línea de vapor, y drene el condensado caliente a través de la unión de vapor.
i. Enfríe el carbón suficientemente para evitar el choque térmico del agua fría.
j. Cuando el filtro esté frío, cierre la unión de vapor, drene cualquier condensado remanente a través del drenaje del fondo, luego lentamente llene el filtro con agua de producto desde el fondo.
k. Deje que el filtro se desborde a través de la escotilla superior durante unos pocos minutos para remover pequeñas partículas de carbón desalojadas durante la aplicación del vapor. Lentamente cierre la válvula de entrada del retrolavado y vuelva a poner la escotilla.
l. Haga retrolavado al filtro con agua de producto y póngalo en la línea.

**TABLA No. 5:** Nombres comerciales para resinas de intercambio de iones

<b>Nombre comercial</b>	<b>Tipo de resina</b>	<b>Clase de resina</b>
Ionac C-267	Catión	Ácido fuerte
Dowex HCR-H		
Purolite C-100-H		
Amberlite IR-120-H		
Resinex CG-8-H		
Aldex C-800		
Purolite C-105	Catión	Ácido débil
Duolite C-433		
Dowex CCR		
Ionac CC		
Amberlite IRC-50		
Dowex SAR	Anión	Base fuerte tipo II
Resinex SBG-2		
Ionac ASB-2		
Amberlite IRA-410		
Purolite A-300		
Duolite A-104		
Duolite A-101-D	Anión	Base fuerte tipo I
Dowex SBR-P		
Resinex SBG-P		
Ionac ASB-1-P		
Ambertlite IRA-402		
Purolite A-400		

**TABLA No. 6:** Orden general de la selectividad de iones en agua por debajo de 1,000 mg/l STD

<b>Cationes</b>	<b>Aniones</b>
$\text{Fe}^{+3}$	$\text{CrO}_4^{-2*}$
$\text{Al}^{+3}$	$\text{SO}_4^{-2*}$
$\text{Pb}^{+2}$	$\text{SO}_3^{-2*}$
$\text{Ba}^{+2}$	$\text{HPO}_4^{-2*}$
$\text{Sr}^{+2}$	$\text{CNS}^-$
$\text{Cd}^{+2}$	$\text{CON}^-$
$\text{Zn}^{+2}$	$\text{NO}_3^-$
$\text{Cu}^{+2}$	$\text{NO}_2^-$
$\text{Fe}^{+2}$	$\text{Br}^-$
$\text{Mn}^{+2}$	$\text{Cl}^-$
$\text{Ca}^{+2}$	$\text{CN}^-$
$\text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^-$
$\text{K}^{+1}$	$\text{HSiO}_3^-$
$\text{NH}_4^+$	$\text{OH}^-$
$\text{Na}^+$	$\text{F}^-$
$\text{H}^+$	
$\text{Li}^+$	

\* Estos pueden ser desplazados cuando son protonados a pH bajo.

**TABLA No. 7:** Pasos para mantener la eficiencia de desmineralización de un sistema de 2 camas:

	<b>Unidad de cationes</b>	<b>Unidad de aniones</b>
<b>1) RETROLAVADO</b>	Se opera con flujo inverso (hacia arriba) para remover los sólidos atrapados y evitar empaquetadura /canales.	Se opera con flujo inverso para remover los sólidos atrapados y evitar empaquetadura /canales.
<b>2) REGENERACIÓN</b>	Se hace pasar una solución fuerte de ácido (ácido sulfúrico o clorhídrico) hacia abajo a través de la resina.	Se hace pasar una solución de base fuerte, tal como amoníaco, soda cáustica (hidróxido de sodio), hacia abajo a través de la resina.
<b>3) ENJUAGUE</b>	Se hace pasar agua de enjuague hacia abajo para sacar con el agua los minerales y exceso de ácido.	Se hace pasar agua de enjuague hacia abajo para sacar con el agua los minerales y el exceso de base.

**TABLA No. 8:** Problemas comunes en unidades de desionización:

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>
<b>Mal sabor</b>	Aminas de las resinas de aniones.
<b>Mala calidad / Corto funcionamiento</b>	Problemas mecánicos Cambios en la calidad del agua cruda Regeneración inapropiada Cambio en tasas de flujo Obstrucción de las resinas Sobreuso entre regeneraciones Resina de cationes en la cama de aniones.
<b>Altos niveles de bacterias</b>	Alta turbidez, proporcionando materia orgánica.

### **(1) Mal sabor en el agua tratada**

La causa más común de sabor y olor desagradables en el agua desionizada es un sabor de amina de las resinas de aniones.

Generalmente, las resinas de aniones de base fuerte tienen sabores y olores particularmente fuertes y son difíciles de controlar en el tratamiento del agua, a menos que sean utilizadas en sistemas de camas mezcladas. Las resinas de aniones de base débil, como la que se sugiere implementar en este Sistema de Tratamiento de Agua, también tienen el sabor de amina y necesitan atención especial en los primeros pocos ciclos (una excepción sería una base débil del tipo epóxico, tal como Dowex WGR). Por lo que, para prevenir este problema, es necesario acondicionar estas resinas antes de ponerlas en servicio. Para el acondicionamiento de la resina, se lleva a cabo una regeneración de sal, realizada de la siguiente manera:

- Se retrolava la unidad de la manera normal.
- Se vierte una solución saturada de sal para suministrar 10 lbs. De sal por pie cúbico de resina a una tasa de flujo de 1 gpm/pie<sup>3</sup> (La solución saturada de sal contiene 2.5 lbs. De sal por gal.)
- Se procede con la regeneración normal, usando una doble carga de cáustico.

Puede que también sea necesario vaciar la unidad por el drenaje varios ciclos hasta que el nivel de sabor sea satisfactorio. Al poner la unidad en servicio, también es importante monitorear cuidadosamente el sabor después de que la unidad haya sido cerrada por cualquier espacio de tiempo, tal como durante la noche. El nivel de sabor se incrementa cuando se hace un alto y puede que sea necesario pasar el agua al drenaje hasta que el efluente sea aceptable. Después de varios ciclos, las resinas de base débil se tornan acondicionadas y no causan más problema.

### **(2) Problemas mecánicos**

Se debe llevar a cabo regularmente, un doble chequeo de que el medidor totalizador y el medidor de conductividad estén operando apropiadamente y no estén suministrando datos erróneos.

Se debe chequear regularmente que los distribuidores no estén rotos (de la parte superior o del fondo). Ya que, esto puede causar pérdida de resina y trastornar la cama, resultando en canalización del agua.

Los tubos y válvulas con fugas pueden dejar entrar aire a la unidad, causando empaquetamiento de la cama y canalización.

Choques de agua, u otro cambio en la presión del agua, puede resultar en tasas de flujo inapropiadas, rotura de la tubería interna, y degradación de la resina. Se reducen los choques de agua incrementando el tiempo de cierre de la válvula o con la instalación de válvulas de alivio y supresores de ondas.

### **(3) Regeneración inapropiada**

Al usar insuficiente cantidad de químicos de regeneración o químicos de mala calidad, puede causar ineficiente regeneración.

### **(4) Cambio en tasas de flujo**

Tienen que establecerse las tasas de flujo especificados por los fabricantes y seguirse los procedimientos apropiados de operación y regeneración, para asegurar la apropiada operación de las unidades.

### **(5) Obstrucción de las resinas**

La obstrucción de las resinas involucra la acumulación de material insoluble en las camas de las resinas. Existen cuatro tipos comunes de obstrucción: precipitación de sulfato de calcio (yeso), precipitados de hidróxido de calcio/magnesio, materias orgánicas, y películas de aceite.

- (a) *La precipitación de sulfato de calcio* en la cama de la resina de cationes causa escape de dureza en el agua tratada. El precipitado puede ocurrir si el agua de alimentación conteniendo calcio se utiliza con ácido sulfúrico para hacer la solución regenerante. Este problema puede ser evitado usando, solución ácida débil para la regeneración (menos de 4%), mayores tasas de flujo de regeneración (1 a 5 gpm / pies<sup>3</sup>) y más bajas temperaturas del agua (menos de 85°F). Algunas

veces, la regeneración por pasos es recomendada, comenzando con un ácido muy débil (2%) y aumentando gradualmente a 8%. Se debe contactar con el proveedor de la resina para que recomiende los procedimientos apropiados para una condición específica.

Otra forma para minimizar la formación de sulfato de calcio es tratar primero la cama agotada con una pequeña cantidad de salmuera para remover parte del ácido. Una dosis de sal de 3 a 5 libras por pie cúbico de resina, introducida a una tasa de flujo de 0.25 gpm / pie<sup>3</sup>, es adecuada para este propósito.

Cuando ha ocurrido la precipitación de sulfato de calcio, se deberá hacer lo siguiente:

- Retrolavar la unidad en la forma normal.
- Pasar una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 4% a la tasa de 0.5 gpm / pie<sup>3</sup> a través de la cama de resina, usando una dosis de 6 lbs. De HCl por pie cúbico de resina.
- Enjuagar el exceso de ácido de la unidad en la regeneración normal.

(b) *Precipitado de carbonato de calcio o hidróxido de magnesio*

puede depositarse en la cama de la resina de aniones, si se usa agua dura para regenerar la resina de aniones. Para corregir la situación, se debe usar el procedimiento de ácido clorhídrico delineado arriba y entonces se procede con la regeneración normal, usando una doble carga del regenerante de aniones.

(c) *Materia orgánica* acumulada en la resina de aniones, se asocia frecuentemente

con bajo pH y mala calidad del efluente. Este problema prácticamente se elimina, debido a la etapa de cloración que se tiene como etapa previa, en el Sistema de Tratamiento. Sin embargo, si llegara a ocurrir este problema, se puede corregir mediante el siguiente procedimiento:

- Retrolavar la unidad de la manera normal.
- Hacer pasar a través de la cama 3 volúmenes de cama de solución caliente (120°F) al 10% de sal a una tasa de flujo de 0.25 gpm / pie<sup>3</sup>.

- Enjuagar para eliminar el exceso de sal.
- Proceder con la regeneración normal, usando doble carga del regenerante de aniones.

Si el comportamiento no se mejora, repetir el procedimiento.

- (d) *Películas de aceite*, se pueden introducir en las resinas de intercambio de iones, por medio de la utilización de aire comprimido no limpio utilizado para mezclar las resinas. El aceite en las resinas puede causar canales e incrementar la pérdida de resina durante el retrolavado. Para corregir este problema se utiliza frecuentemente una solución de 0.1% de detergente no iónico para limpiar las resinas que se obstruyen con aceite, pero el fabricante debe proveer de las instrucciones completas del procedimiento. Debe tenerse cuidado de enjuagar completamente los materiales limpiadores de la resina después del tratamiento. Se debe tener cuidado extra debido a que se pueden causar problemas de sabor por enjuague incompleto.

#### **(6) Resina de cationes en la cama de resina de aniones**

Esto puede ocurrir por una rotura en el sistema de desagüe inferior de la unidad de cationes y resultar en requerimientos de excesivo enjuague y que se obtenga agua de mala calidad. Para determinar si hay resina de cationes en la cama de la resina de aniones, se usa el siguiente procedimiento:

- Se debe tomar una muestra de resina de aniones, del fondo, después del enjuague y ponerla en un vaso picudo.
- Se agrega suficiente solución de ácido clorhídrico al 5% para cubrir la muestra de resina en el vaso picudo.
- Se agrega un ml de Solución Indicadora de Violeta de Metilo al vaso. Se agita para mezclarlo hasta que el color sea completamente uniforme.
- Se enjuaga la resina con agua desionizada hasta que todo el exceso de color violeta (libre) salga. Se drena el agua de la muestra de la resina.

- Se examina para ver si hay glóbulos de resina púrpura-violeta o pequeñas partículas. La resina de cationes tomará el color violeta.

#### **(7) Altos niveles de bacterias en efluentes de intercambio de iones**

Las bacterias frecuentemente crecen en resinas de intercambio de iones, utilizando los restos de materia orgánica e iones minerales adsorbidos en las resinas, resultando en altos conteos en los efluentes. En ocasiones, el crecimiento puede tornarse suficientemente fuerte para causar distribuidores obstruidos y altas caídas de presión.

Este problema prácticamente se elimina, debido a la etapa de cloración que se tiene como etapa previa, en el Sistema de Tratamiento. Sin embargo, cuando ocurren crecimientos biológicos en estas unidades, se pueden utilizar los siguientes procedimientos de esterilización para corregir el problema:

##### *Solución de Cloro (para Resinas de Aniones o Cationes)*

- Retrolavar la unidad de manera normal.
- Llenar toda la vasija con una solución de 500 ppm de Halane (un producto de la BASF Wyandotte Corporation).
- Se deja la solución en contacto con la resina durante 8 horas.
- Se enjuaga el exceso de cloro.
- Proceder con la regeneración normal, incluyendo retrolavado.

##### *Solución de Permanganato de Potasio (para Resinas de Cationes)*

- Retrolavar la unidad de la manera normal.
- Llenar toda la vasija con una solución de 500 ppm de permanganato de potasio (disponible de cualquier casa comercial proveedora de químicos).
- Se deja la solución rosa resultante, en contacto con la resina durante 4 horas. (Si el color rosa desaparece antes del final del período de contacto, se debe agregar otra dosis de solución.)
- Se debe enjuagar el exceso de permanganato.
- Proceder con la regeneración normal, incluyendo el retrolavado.