

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



RECUPERACION DE AGUA EN UNA
MAGUINA LAVADORA DE BOTELLAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

TOBIAS RICARDO LOZANO RODRIGUEZ

MEXICO, D. F.

1 9 7 3

M-165591



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE: JULIO TERAN ZAVALETA

VOCAL: ANTONIO REYES CHUMACERO

SECRETARIO: FERNANDO ITURBE HERMANN

1er. SUPLENTE: SUSANA FLORES DE CASTAÑEDA

2o. SUPLENTE: CARLOS CASTAÑEDA ESTRADA

NOMBRE COMPLETO DEL SUSTENTANTE:

TOBIAS RICARDO LOZANO RODRIGUEZ

NOMBRE COMPLETO DEL ASESOR DEL TEMA:

Q. JULIO TERAN ZAVALETA

Con amor y respeto a la memoria
de mi Padre:

ROBERTO LOZANO VELASCO

A la abnegación y cariño de mi Madre:

DOLORES RODRIGUEZ VDA. DE LOZANO

Dedico ésta a mi hermana MAGDALENA LOZANO, como una mínima muestra de mi reconocimiento a su esfuerzo.

A MIS HERMANOS

A mi primo RUBEN ALBA LOZANO, por su decisivo apoyo.

Mi agradecimiento al Departamento
Técnico de ORANGE CRUSH DE --
MEXICO, S. A. por su valiosa --
ayuda; especialmente a los Sres.

ING. JORGE MATEOS

ING. CESAR MAYA

SRITA. ARACELI VELLIDO

Con mi mayor gratitud a la U.N.A.M.

- I N D I C E -

<u>PAGS. #</u>	<u>CONTENIDO</u>
1	Introducción
4	Descripción de una Máquina Lavadora de Botellas.
9	Factores que necesitan controlarse en la Operación de Lavado.
19	Fuerza caústica y Temperaturas recomendadas para Lavadoras de Botellas.
20	Descripción del Proceso de Recuperación.
23	Eliminación de Sólidos Suspensos.
25	Filtración por Arena.
27	Tabla de Procesos de Purificación del Agua.
28	Reducción de Alcalinidad.
29	Contenido de Materia Orgánica.
31	Cloración.
32	Ozonización
35	Cisterna de Almacenamiento de Agua.
38	Filtro Pulidor.
40	Equipo y Diagrama de Flujo del Proceso de <u>Recuperación</u> .
40	Capacidad del Filtro de Arena.
40	Capacidad de la Cisterna.
41	Torre de Zeolitas.

<u>PAGS.#</u>	<u>CONTENIDO</u>
42	Ozonificador.
42	Filtro Pulidor.
43	Bombas.
45	Sanidad y Mantenimiento del Equipo de Recuperación.
52	Control de calidad y Pruebas Realizadas.
53	Determinación de Alcalinidad.
53	Determinación de Dureza.
54	Determinación de Materia Orgánica.
58	Análisis Físico-químicos y Bacteriológicos realizados.
60	Balance Económico Tipo # 1.
63	Balance Económico Tipo # 2.
65	Conclusiones.
66	Bibliografía.

- CAPITULO I -

- INTRODUCCION -

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

Día con día cobra mayor importancia el estudio del agua, pues del correcto aprovechamiento de este líquido vital, depende en un alto porcentaje la supervivencia del hombre en el Planeta.

El hombre actualmente ha emprendido la conquista de los océanos, pero la tecnología hasta ahora desarrollada no permite todavía usar este inmenso caudal en forma generalizada y a precios aceptables, ni aún en los Estados Unidos. Al mismo tiempo, la porción de agua de lluvia que se precipita sobre la tierra lo hace en cantidades muy variables de un lugar a otro y de una época del año a otra.

En nuestro país existen grandes litorales que harían pensar a cualquiera que no tenemos escasez de ella, pero ésta es agua de océanos, que como se dijo anteriormente contiene gran cantidad de sales disueltas y que para potabilizarla es necesario hacerlo por medio de desaladoras que resultan muy costosas y que además no siempre se puede aplicar la técnica de desalación del agua de mar en forma económica, ya que para esto es necesario construir unidades desaladoras muy grandes que reduzcan los costos de capital por metro cúbico de agua desalada. Sin embargo en algunas zonas turísticas como: Cozumel, Isla Mujeres y otras como Baja California, éste es el único medio de resolver el problema de abastecimiento de agua potable, porque son insuficientes las fuentes naturales o se carecen por completo de ellas.

En realidad el agua potable es escasa en la mayor parte de la República Mexicana, y una de las regiones donde el agua escasea más es en el Valle de México, debido a la gran población que posee, y a la cantidad de industrias que en él existen (1a. zona industrial de la República), es por esto que las autoridades del D. F., han comenzado a tratar de evitar el desperdicio de ésta, primeramente pasando anuncios en la T.V. y en la Radio, por medio de los cuales se recomienda al público no desperdiciar el agua.

La industria es uno de los principales consumidores del agua que llega al Valle de México, y también ha empezado a economizar el agua por diferentes métodos y formas. La industria Embotelladora está tratando de ahorrarla aplicando diferentes métodos.

Este trabajo tiene por objeto hacer un estudio sobre la recuperación de agua en esta clase de industrias, tratando de recuperar agua de una máquina lavadora de botellas.

La cantidad de agua utilizada para el lavado de botellas, en una Embotelladora de Refrescos, es en promedio, seis veces el contenido de agua del producto, no incluyendo aquí el agua usada para lavar maquinaria y camiones, para enfriar, para servicios y para el regado de jardines.

El agua que se usa para el lavado de los envases es una máquina

quina lavadora de botellas es de 2 tipos:

- a).- Agua para el primer lavado del envase, que no es necesario que tenga la pureza requerida para el enjuague final y el embotellado.
- b).- Agua destinada exclusivamente para el enjuague final.

El agua del primer lavado se tira a las cañerías después de ser usada, pero el agua del enjuague final es agua que en realidad no de be tirarse, pues lo que contiene de impurezas, es un contenido de materia orgánica que puede ser eliminado por oxidación, usando agentes oxidantes como: Hipoclorito de Calcio, Ozono, etc. Conteniendo también una cier ta alcalinidad y partículas en suspensión que pueden ser eliminadas por se dimentación, usando un coagulante y posteriormente realizando una filtra-
ción por medio de un Filtro de Arena.

El agua obtenida en la recuperación se utilizará para el en juague de las botellas, limpieza de la Planta, lavado de camiones, sanita rios, regado de jardines, etc., pero nunca se usará para el embotellado.

El objeto de este trabajo es de hacer un estudio químico - del proceso de recuperación y asimismo un estudio económico para saber - hasta que punto se beneficia la Planta al instalar un sistema de recupera-
ción de agua.

- CAPITULO II -

- DESCRIPCION DE UNA MAQUINA LAVADORA DE
BOTELLAS Y DEL PROCESO DE RECUPERACION -

- DESCRIPCION DE UNA MAQUINA LAVADORA DE
BOTELLAS Y DEL PROCESO DE RECUPERACION - (2)

LAVADO DE BOTELLAS:

La presentación de un envase impecable es una de las condiciones fundamentales en la manufactura de un producto alimenticio. La botella en la cual se vende un refresco al público, refleja la integridad de su bebida. Esta botella debe impresionar favorablemente al consumidor. El objeto del lavado de botellas es el de obtener un envase impecable.

Es un proceso importante que tiene dos fines:

- a).- La eliminación de toda suciedad y materias extrañas que fueran responsables de provocar la descomposición del producto.
- b).- Eliminar todo germen que pudiera causar enfermedades.

El buen lavado debe ser tan efectivo que reúna los siguientes requisitos: Ser económico, dejar los envases limpios, brillantes y exentos de todo contaminante físico y bacteriológico.

MAQUINA LAVADORA DE BOTELLAS:

Hay una etapa que precede al lavado de las botellas. Cuando

do las cajas de vacíos regresan a la Planta en los camiones repartidores, éstas deben seleccionarse para remover las que estén muy sucias, contaminadas con pintura, alquitrán, despostilladas o rotas. Con frecuencia este trabajo se realiza manualmente, aunque existen una gran variedad de maquinaria electrónica para desencajonar y separar las botellas de acuerdo con su tamaño, color, forma, etc. Una vez seleccionadas, son transportadas por medio de montacargas hacia la bodega de vacío, ya colocadas dentro de sus respectivas cajas y en estibas para facilitar su manejo y colocación. Cuando se va a realizar el lavado de botellas, las cajas que contienen éstas, son transportadas por medio de transportadores automáticos a la máquina desempacadora y de ahí pasan a la mesa de alimentación de la Lavadora.

Las botellas son introducidas mecánicamente dentro de los -cangilones que son los que inician realmente el recorrido del envase a través de la máquina lavadora de botellas.

En el mercado se encuentran lavadoras de botellas de muchas variedades, teniendo distintos métodos y combinaciones, pero en resumen, -se pueden clasificar en tres tipos:

- a).- Lavadora de tanque de remojo.
- b).- Lavadora de chorros.
- c).- Lavadora de ¹cominación de tanque de remojo y de chorro.

Se han hecho muchas combinaciones para producir máquinas lavadoras capaces de efectuar el lavado perfecto, usando: tanques de remojo, lavado a chorros, enjuague a presión, brochas de aire, escobillones mecanizados, etc., y en la mayoría de las plantas puede alcanzarse una eficiencia del 99 % de botellas limpias, sin dificultad, con la máquina bien atendida y con método.

Las modernas lavadoras de botellas han sido diseñadas para limpiar y esterilizar las botellas antes de que pasen a la línea de llenado. Se emplean dos elementos diferentes en la Lavadora de botellas:

- a).- Los dispositivos mecánicos que frotan y limpian el envase de varias maneras.
- b).- La solución lavadora que los esteriliza.

Antes de entrar los envases a los chorros o los tanques de remojo, según sea el caso, las botellas pasan por un trecho llamado pre-enjuague, que tiene por objeto eliminar los popotes y toda clase de impurezas que son introducidas en las botellas. En esta fase, se descargan los cuerpos extraños que llevan las botellas. Todo esto se realiza por medio de una serie de chorros a presión que remueven las materias extrañas y las expulsan fuera del envase. El agua que sale de las botellas pasa a través de una malla filtrante que retiene las basuras y toda clase de desechos y descarga el agua ya filtrada al drenaje.

Las lavadoras de chorros bombean las soluciones limpiadoras y esterilizadoras, así como el agua de enjuague dentro y fuera de las botellas invertidas que son movidas através de la máquina por un transportador.

La máquina remojadora está equipada con una cadena sinfín de portabotellas en filas para sostener los envases en los tanques que contienen la solución caústica y el agua de enjuague final.

Es evidente que las soluciones lavadoras en los tanques de caústico se debilitan y se ensucian con el uso. Cuando dichas soluciones se contaminan al grado de que pierden su eficiencia, deben renovarse.

En las máquinas con compartimientos múltiples, el primer tanque debe vaciarse con más frecuencia, ya que es el que se contamina con más facilidad. Cuando se vacía este tanque, la solución de los otros puede ser bombeada al interior del primero, para ser usada una vez más en éste. Con esta secuencia, el último tanque de remojo estará más limpio y el paso de materias extrañas se reduce de manera considerable.

A fin de garantizar la operación eficiente del llamado "extremo limpio" de la botella, he aquí una lista de comprobaciones sanitarias:

- a).- Usese solamente agua potable para el enjuague
y con una concentración de cloro a 2.0 p.p.m.

- b).- Manténgase una presión adecuada y uniforme del enjuague.
- c).- Manténgase abiertas las boquillas de los chorros de enjuague.
- d).- Cámbiese el agua del compartimiento de enjuague inmediatamente que se pare la Lavadora y llénese otra vez antes de ponerla en marcha.
- e).- Manténgase los cepillos y sus ejes perfectamente alineados.
- f).- Manténgase la formación de incrustaciones a un mínimo.
- g).- Asegúrese de que los cambios en la temperatura del agua del enjuague no exceda a 50° F.

- FACTORES QUE NECESITAN CONTROLARSE EN LA

OPERACION DE LAVADO - (5)

En la operación de lavado de botellas, los siguientes factores deben vigilarse para obtener un resultado satisfactorio:

- 1.- Pre-enjuague.
- 2.- Productos químicos utilizados para el lavado.
- 3.- Concentración de las soluciones.
- 4.- Temperatura de las soluciones.
- 5.- Tiempo de contacto con la solución caústica.
- 6.- Condiciones de las soluciones.
- 7.- Control de enjuague.

1.- PRE-ENJUAGUE:

Debe tenerse cuidado de que los chorros de agua lleven suficiente presión para eliminar los materiales extraños que contengan las botellas en su interior, esto es que la presión del agua no sea tanta que impida la salida de los mismos, o que sean tan bajas que no arrastre la suciedad.

2.- PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS PARA EL LAVADO:

La sosa caústica ha sido desde largo tiempo, reconocida como el mejor y más económico producto para el lavado de la botella, debido a sus propiedades germicidas y limpiadoras, sin embargo posee dos inconvenientes:

- a).- Que no enjuaga rápidamente.
- b).- Su lenta emulsificación comparada con algunos productos.

Varios compuestos se han agregado a la sosa caústica para - obtener un producto lavador ideal y éstos son:

Carbonato de Sodio

Metasilicato de Sodio

Fosfato Trisódico

Tripolifosfato de Sodio

Hexametafosfato de Sodio y

Gluconato de Sodio

El Aluminato de Sodio ayuda a proteger las botellas del tanque caústico. Los compuestos sintéticos del tipo de los alquil-aril-sulfonato de Sodio se están comenzando a usar para aumentar las propiedades detergentes de las soluciones.

Para el uso de los agentes químicos limpiadores es necesario

conocer la naturaleza del agua, el tipo de lavadora, sus condiciones y la suciedad que tiene que eliminarse.

Existe una gran variedad de productos en el mercado, debiendo seleccionarse los más adecuados para el lavado de la botella, tomando en consideración fundamentalmente las características del agua y la naturaleza de las impurezas a eliminar.

Los llamados agentes tensoactivos sintéticos son los más indicados para estas funciones y deben reunir las siguientes características:

- a).- Buen poder humectante.
- b).- Buen poder emulsificante.
- c).- Buen poder dispersante.
- d).- Buen poder secuestrante.
- e).- Un pH mayor de 11, pero menor a 14.
- f).- Fácil solubilidad.

La técnica que se aplica a cada determinación es la siguiente:

- a).- Poder Humectante.- Se preparará una solución del producto químico a usar, en la concentración de un gramo por litro. Se cortarán unas rueditas de papel fil-

tro, del que se usa para la filtración del jarabe simple, o en su defecto del papel filtro analítico. Se puede emplear como molde una moneda de 20 cvs. - Con mucho cuidado se depositan estas rueditas sobre - la superficie del líquido, cuidando que se haga en forma exactamente horizontal y simultáneamente con todos los productos a probar, pues hay que tener presente que estas pruebas sólo tienen validez cuando se realizan en forma comparativa con dos o más productos a la vez. Se toma el tiempo en que cada ruedita se humedece totalmente y se vá al fondo del vaso, y aquélla que tenga el menor tiempo será el mejor producto, por lo que respecta a poder humectante.

Producto "A", mejor que "B" y éste mejor que "C", por lo tanto el producto "A", es el que se debe usar, ya que humedece con más rapidez.

- b).- Poder emulsificante.- Para realizar esta prueba se dispone de la misma solución preparada en el ensayo anterior, varios frascos de vidrio de 125 ml. con tapón esmerilado y un poco de cualquier aceite esencial. Cada frasco debe contener la misma cantidad de solución y también a cada uno se le agrega 1 ml. del aceite esen-

cial. Se agitan simultáneamente y se depositan sobre la mesa. Se toma el tiempo que tarde el aceite en separarse de la emulsión formada por la agitación. El frasco en el que tarde más tiempo representa el mejor agente químico en cuanto a esta característica.

- c).- Poder Dispersante.- Para determinar esta característica se dispone de los mismos elementos que en el ensayo anterior, pero en este caso sustituyendo el aceite esencial por unos 100 grs. de carbón activado animal. Se hace la misma agitación simultánea, y en el frasco que tarde más tiempo en ponerse clara la solución, por depositarse el carbón en el fondo, éste es el mejor producto, por lo que toca a esta característica. El carbón que se usa para este fin es muy fino o sea carbón en polvo.
- d).- Poder Secuestrante.- En virtud de que los productos sintéticos trabajan casi siempre con aguas duras o parcialmente movilizadas, resulta muy conveniente que posean poder secuestrante para los iones de calcio y magnesio. La determinación se efectúa de la manera siguiente: Se pesa un gramo del producto y se disuelve en agua destilada aforando a 100 ml. Se le agregan 10 c.c. de

una solución de Oxalato de Potasio al 5 %. Se valo
ra esta solución con una de Cloruro de Calcio que --
contenga 22.2 mg./c.c. y de la cual cada c.c. equi-
vale a 20 mg. de Carbonato de Calcio. El matraz que
contiene la solución del producto debe llevar en el fon
do una mancha hecha con lápiz graso de color rojo y la
valoración se efectúa precisamente hasta que la turbidez
que se produce haga desaparecer dicha mancha. Se rea
liza la prueba en blanco, usando agua destilada sola, y
el valor encontrado se usa como factor de corrección, -
ejemplo:

$$\text{Factor de corrección} = 1.9 \text{ c.c.}$$

Los c.c. gastados de la solución de Cloruro de Calcio -
fueron 11.1 por lo tanto: $11.1 - 1.9 = 9.2$ c.c. rea-
les gastados de Ca Cl_2 , que es capaz de secuestrar 1 -
gr. del producto.

Esta determinación debe hacerse en forma comparativa
para escoger el que pueda secuestrar más dureza.

e).- Un pH mayor de 11 pero menor a 14.- Para la deter
minación del pH se puede hacer uso del Potenciómetro
si se requiere una medida exacta, o bien haciendo uso
del papel pH; cualquiera de estos Métodos son de fácil
aplicación.

f).- Fácil Solubilidad.- Esta característica es importante, ya que detergentes que dejen residuo insoluble pueden ocasionar depósitos inconvenientes en los tanques, sobre todo en las botellas.

En el momento que se preparan las soluciones de un gramo por litro, se checa esta característica, observan que tiempo tarda el producto en disolverse. Aquel producto que tenga el menor tiempo de disolución será el mejor; además debe checarsé que no quede residuo de ninguna especie en la solución.

3.- CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES:

Las soluciones lavadoras deben tener un cierto porcentaje de álcali para ser satisfactorias, de lo contrario una alta concentración ablanda -- hasta cierto punto el vidrio y una baja concentración no es efectiva, o requiere un tiempo de contacto excesivo. Una solución con un porcentaje comprendido entre 2.5 y 3.5 de álcali, del cual el 60% es caústico (es decir 1.8 % total), se recomienda para obtener resultados aceptables y para satisfacer los requisitos sanitarios solicitados por las autoridades gubernamentales.

4.- TEMPERATURA DE LAS SOLUCIONES:

La temperatura recomendada en el tanque más caliente de la Lavadora es de 130° F, o sea 54.5° C., Una temperatura de 65.6° C, se considera como máximo. Los cambios de temperatura demasiado fuertes entre

los dos tanques dan por resultado un rompimiento elevado de botellas.

5.- TIEMPO DE CONTACTO CON LA SOLUCION CAUSTICA:

El contacto de la botella con la solución caústica no debe ser menor de 5 min., ni mayor de 20, y se ha convenido en que para el saneamiento y lavado de una botella, se obtienen buenos resultados con un contacto en la lavadora de 15 a 20 min.

6.- CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES:

Los agentes químicos desempeñan sus funciones en la lavadora mientras tengan sus propiedades originales, cuando se eliminan cuerpos orgánicos o suciedad de la botella por el primer enjuague, la vida de las soluciones se alarga considerablemente. Para evitar dificultades en el enjuague final y mal sabor en el producto, así como olores, se recomienda revisar continuamente el estado de las soluciones lavadoras y si es necesario cambiarlas cada 150 horas de trabajo, aunque esto es relativo, ya que si la solución se encuentra demasiado sucia y con un alto porcentaje de carbonatos, debe cambiarse aún sin tener 150 horas de trabajo.

7.- CONTROL DE ENJUAGUES:

Después de que las botellas se limpian y esterilizan, se enjuagan con agua cruda. Durante el enjuague se deben alcanzar los siguientes objetivos:

- a).- Eliminar todo residuo de las soluciones lavadoras.

Cualquier álcali que quede dentro de la botella, neutralizará algo de la acidez de la bebida.

b).- Enfríar las botellas a una temperatura cercana a la ambiente, para evitar formación de espuma durante el llenado. La mayoría de las lavadoras - dan a las botellas uno o más enjuagues con agua recirculada y después un enjuague final con agua cruda, tomada de la línea de abastecimiento.

Enjuague Final.- Este debe hacerse con agua potable. Se ha recomendado que este enjuague se realice con agua que proviene directamente de la cisterna de abastecimiento y que se encuentra clorada a una concentración de 2.0 p.p.m. La concentración de cloro en el enjuague final no debe ser mayor de 2.0 p.p.m., ya que de lo contrario provoca decoloraciones, mal sabor y olor en el refresco. Dependiendo de la cantidad de dureza en p.p.m. que contenga el agua de enjuague, se recomienda que ésta sea ablandada, haciéndola pasar através de una columna empacada con resina de intercambio iónico, con el fin de reducir al mínimo el contenido de dureza en el agua, y con esto evitar la incrustación de la máquina lavadora de botellas.

El enjuague final debe hacerse con suficiente agua y a una

presión mínima de 30 in.², para que resulte eficiente la temperatura del agua del enjuague final debe ser: la ambiente, con el fin de evitar problemas posteriores en la máquina llenadora.

El mantenimiento y saneamiento del Equipo de enjuague final es muy importante para que éste sea adecuado y eficaz.

- FUERZA CAUSTICA Y TEMPERATURAS RECOMENDADAS PARA

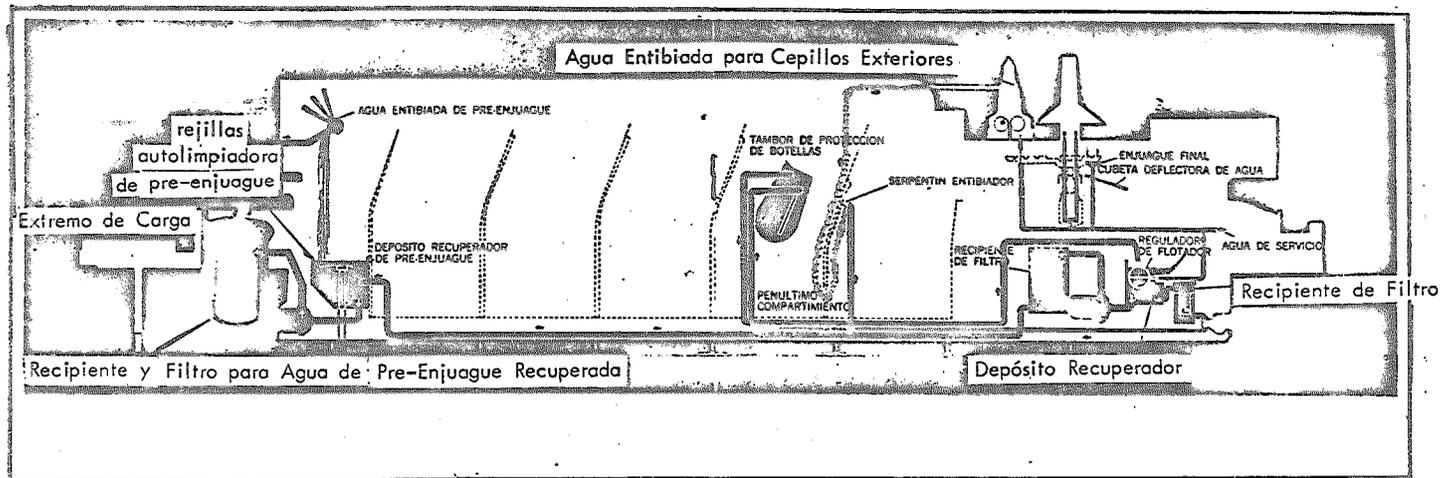
LAVADORAS DE BOTELLAS - (5)

	<u>T.# 1</u>	<u>T.# 2</u>	<u>T.# 3</u>	<u>T.# 4</u>	<u>T.# 5</u>	<u>T.# 6</u>
Temperatura (°C)	43.3	65.6	37.8			
Caústico %	3.0	2.5	agua pura			
Temperatura (°C)	43.3	65.6	54.5	37.8		
Caústico %	3.0	2.5	1.5	agua pura		
Temperatura (°C)	43.3	65.6	76.7	135	37.8	
Caústico %	3.0	2.5	2.5	57.2	agua pura	
Temperatura (°C)	43.3	65.6	76.7	76.7	57.2	37.5
Caústico %	3.0	2.5	2.5	1.5	1.0	agua pura

Para lavadoras de un solo tanque se recomienda:

TEMPERATURA = 55° C

CAUSTICO % = 2.5 - 3.0



- ESQUEMA DE UNA MAQUINA

LAVADORA DE BOTELLAS - (2)

- DESCRIPCION DEL PROCESO DE RECUPERACION -

- AHORROS DE AGUA -

Antes de hacer una descripción del proceso y el Equipo necesario para la recuperación de agua en el enjuague final de una máquina lavadora de botellas, veamos otros puntos para el ahorro del agua:

- 1.- En refrigeración usar un condensador evaporativo, la mayor parte de las embotelladoras ya lo usan.
- 2.- Medir la presión del abastecimiento de agua potable, varias veces durante el día, su presión puede variar desde 3.5 hasta 10.5 Kg./cm.². Instalar un regulador de presión para mantener la presión en la Lavadora a un máximo de 2.5 Kg./cm.².
- 3.- Instalar un medidor de flujo en la lavadora y controlar mejor el agua.
- 4.- Interconectar las bombas con la lavadora, de manera que al parar el motor principal de ella, se paren aquellas.
- 5.- Instalar una válvula solenoide en la entrada de agua cruda a la lavadora; interconectando dicha válvula con el motor principal de la lavadora.

- 6.- Instalar, sino lo hay, una válvula de control de agua cruda al enjuague final, regulando de un modo práctico el flujo, es decir, cerrar hasta que aparezca residuo caústico en las botellas y luego abrir ligeramente y poco a poco, hasta que la prueba de caústico resulte negativa.
- 7.- Vigilar que en el lavado de camiones y equipo, así como en el regado de jardines, el agua no fluya sin control, cuando no se está usando verdaderamente.
- 8.- Evitar fugas en estoperos, válvulas, baños y regaderas que pueden llegar a grandes vólúmenes al año.

Una vez hechos los pasos anteriores se puede pensar ya en la recuperación del agua.

- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL
AGUA Y EQUIPO NECESARIO -

La recuperación de agua debe pagarse por sí misma, o dejar utilidades, de lo contrario resultaría antieconómica la instalación de un -- Equipo de Recuperación. Otro punto importante es que el Equipo de Recu-- peración ocupe poco espacio, sea económico y fácil de operar.

Basándonos en las tablas de análisis que nos anteceden po-- demos observar que el proceso que tenemos que realizar, va a consistir -- fundamentalmente en la reducción de tres factores contaminantes:

- 1.- Sólidos suspendidos.
- 2.- Alcalinidad.
- 3.- Contenido de materia orgánica.

Si quisieramos llevar la conversión del agua por recuperar -- hasta un grado que se considerara potable y propia para la alimentación, -- deberíamos de pensar en la eliminación de los residuos detergentes, pero -- el caso que nos ocupa es exclusivamente el de recuperar esta agua para -- seguir utilizandola en el mismo lavado de la botella, por lo que los resi-- duos de detergentes, así como los aumentos de fosfatos se convierten en un renglón de economía, dado que continuarán realizando su efecto de disper-- sión, suavización y humectación; características necesarias en el agua que sirve para lavar botellas de refrescos.

1.- ELIMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS:

Estos deben eliminarse según marca la experiencia, por filtración. Esta filtración puede ser:

- a).- A través de filtros de gravas y arenas (más económico).
- b).- Por medio de filtros que utilicen un medio filtrante desechable (papel filtro, bujías de celulosa o materiales similares), o usando telas que sirvan de soporte o tierras filtrantes como tierras infusorias, bentonitas, cenizas volcánicas o materiales similares.
- c).- Colador.- Al salir el agua del enjuague final de la lavadora antes de filtrarse a través del filtro de arena, pasa por un compartimiento que sirve como colador, y en el cual quedan atrapadas las partículas de mayor tamaño que pueda traer el agua. Con esto se evita que dichas partículas vayan a depositarse en el filtro de arena, con lo que provocaría que con el tiempo éste se tapase.

Este colador no es más que un recipiente metálico cubierto en su parte superior por una malla de

acero inoxidable, que es la encargada de detener el paso de partículas grandes. Diariamente al finalizar el ciclo de recuperación es conveniente destapar el colador y limpiarlo perfectamente.

En cuanto a la forma de diseño de los Equipos, es muy facil la utilización de la mayor parte de los equipos que puedan existir en el mercado, la elección de los mismos está fundamentada en cuáles -- sean los sólidos en suspensión que se deseen eliminar. Lo más frecuente son las posibilidades:

- a).- Que el envase que se está lavando tenga etiqueta de cristal.
- b).- Que tenga etiqueta desechable.

En el primer caso la eliminación de sólidos suspendidos no va a tener prácticamente problema en la elección. En el segundo caso, sobre todo si se tienen varias líneas de lavado, tal vez lo más conveniente es la utilización de filtros continuos de vacío tipo Door o Eimco, que podrán fácilmente eliminar en una forma semicompacta la etiqueta.

Las plantas en donde se desarrolló este trabajo, no están dentro de estos tipos, por lo que nosotros no propondremos en ningún caso la utilización de estos filtros.

Dentro de los sólidos suspendidos existe, aunque en muy pequeñas cantidades, partículas coloidales que en un cierto porcentaje, atravesarán los poros de los filtros y que no serán inactivados hasta tanto no se logre el ajuste del pH adecuado, para alcanzar su punto isoeléctrico - mediante la neutralización de la alcalinidad de esta agua; éstos sólidos - se eliminarán por sedimentación y por un filtrado que se conoce como pulido final, para el que generalmente se usa un filtro pulidor de bujías, - mismo del que se hablará más adelante.

Para este trabajo se eligió que la filtración fuera por medio de un filtro de arena, ya que en la mayoría de las embotelladoras - poseen esta clase de filtros:

FILTRACION POR ARENA.- (2 y 6).- Se obtienen por - el flujo lento del agua através de una capa profunda de arena fina, hasta completa eliminación de las impurezas que puede traer el agua por recuperar.

El filtro es simple, su operación no es costosa, y además - es fácil de mantener limpio y esterilizado. La capacidad de este filtro no se determina por su altura, sino por su diámetro y por la cantidad de arena que contiene.

El filtro de arena está hecho de capas de grava y arena de granos gruesos en el fondo, pero gradualmente más fino hacia la capa su-

perior. La capa superior de arena fina es el único lugar donde se lleva a cabo la filtración. El resto del lecho de arena y grava tienen por objeto mantener en su lugar la capa fina de arena. Entre más fina sea la arena de la capa superior, más pequeñas serán las partículas que no deje pasar el filtro.

Para el tratamiento del agua se usa como medio filtrante arena sílica de tamaño uniforme. Los límites granulométricos de la arena están comprendidos entre 0.4 - 1.0 mm., de diámetro. La arena utilizada para la filtración ha de tener un tamaño uniforme de partícula para proporcionar la máxima porosidad y la mayor velocidad de filtración. -- Cuando se utiliza una arena de diámetro de poro mayor a 1.0 mm. se corre el riesgo de que no sean detenidas todas las partículas que arrastra el agua, y si se usa arena de diámetro menor de 0.4 mm. la velocidad de filtración disminuirá, teniéndose en este caso que aumentar el área de filtración.

Los filtros de arena construidos de acero o algún otro metal adecuado, generalmente al paso del agua se oxidan, por lo que es necesario recubrirlos interiormente con pintura antioxidante, para evitar que el agua vaya a arrastrar fierro, que puede provocar alteraciones en las bebidas carbonatadas.

- PROCESOS DE PURIFICACION DEL AGUA -

Procesos de Purificación \ Contaminante	Filtración mecánica (tipo cartucho)	Floculación Coagulación	Filtración en Carbón activado	Filtración en arena	Osmosis inversa	Electrodíalisis	Deionización de doble lecho (fuertemente básico)	Deionización (Lecho mezclado)	Destilación	Esterilización con luz ultravioleta	Renovación de materia orgánica por cambiadores iónicos	Clorinación	Suavización por cambiadores de iones	Ozonización
Parts. sólidas	°	°	°	°					•					
Parts. micrónicas	°	°			•				•					
Parts. submicrónicas	•	•			•				•					••
Parts. coloidales					•				•					
Microorganismos									•					
Bacterias	°	°			°				•	•		°		
Pyrógenos	°	°			°				•			°		
Compuestos orgánicos		°												
Mat. orgánica disuelta		°	°		80 %				•		•	•		•
Iones activos								°	•					
Dureza					90-98 %	90 %	99 %	99.99%	50-60 %					•
Sóls. totales disueltos					80-90 %	80-90%								
Silice					•		•	•	°					

NOTA.- (•).- Eliminación total
(°).- Eliminación parcial

2.- REDUCCION DE ALCALINIDAD:

El agua que sale de las lavadoras contiene una alcalinidad que va aumentando en el transcurso del propio lavado de la botella y que se debe al arrastre de la solución caústica de la lavadora, como se puede observar en la siguiente Tabla:

MUESTRA #	H O R A	ALCALINIDAD (p.p.m.)
1	8:00	194.0
2	9:00	194.0
3	10:00	202.0
4	11:00	208.0
5	12:00	210.0
6	13:00	216.0
7	14:00	224.0

El arrastre también es influenciado por:

- a).- El tipo de lavadora.
- b).- El estado mecánico de la misma.
- c).- El grado de incrustación de las cadenas y cangilones.
- d).- Por las temperaturas de operación!
- e).- Debido a las concentraciones caústicas prefijadas para el lavado de botella.
- f).- El grado y utilización de aditivos.

g).- El control mismo que se puede realizar.

La eliminación de la alcalinidad se puede realizar por medio de los siguientes procesos:

A.- Mediante neutralización directa a base de ácidos, entre los cuales podemos mencionar por su bajo costo, el Acido Sulfúrico y el Acido Clorhídrico.

Por su afinidad a las bebidas carbonatadas se podría pensar en el uso de Acido Cítrico, aunque desde el punto de vista de costo, resulta muchísimo mayor que la de los dos primeros ácidos mencionados.

B.- La utilización de resinas cambiadoras de iones - trabajando en ciclo ácido presentan la forma ideal de la neutralización de alcalinidad, con la ventaja de no aumentar el contenido de sólidos, sino inclusive el de disminuirlo al cambiar iones de hidrógeno de muy poco peso. Por otro lado las resinas cambiadoras de iones tienen la particularidad de tener algunas partículas coloidales.

3.- CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA:

Tal vez este punto sea el de mayor interés, debido a la poca

o casi nula importancia que se le dá y porque, por otro lado es lo que - fundamentalmente ocasiona verdaderos problemas en la elaboración de los refrescos, causando principalmente sedimentos, anillos y toda clase de desarrollos bacteriológicos, llegando a permitir hasta la proliferación de protozoarios.

Todo lo anterior viene al caso porque se tienen experiencias en plantas que hacen recuperaciones en formas inadecuadas y sin haber nunca tomado en cuenta el factor antes mencionado y que ha sido el que nos impulsa a tratar de despertar la inquietud mediante este modesto trabajo.

Para fundamentar este punto, presento la siguiente Tabla:

M U E S T R A (agua/recuperar)	MAT. ORGANICA (p.p.m.)	ALCALINIDAD (p.p.m.)	DUREZA (p.p.m.)
1	37.6	208.0	50.0
2	42.4	244.0	28.0
3	35.2	232.0	84.0
4	36.0	240.0	98.0
5	36.8	330.0	86.0
6	37.6	320.0	86.0
7	40.4	248.0	30.0

El aumento de la materia orgánica se debe a los pequeños arrastres de los componentes del refresco y que fundamentalmente son: - azúcar, ácidos orgánicos, aceites esenciales, residuos de jugos frutales y muchas otras sustancias de materia orgánica que contiene el agua de embotellado. Estos residuos al llegar a los enjuagues son del orden de fracciones de p.p.m. por botella, pero en el paso de millones de botellas -

van representando una acumulación de materia orgánica que llega a las cifras de la Tabla anterior.

La forma de eliminar la materia orgánica es por medio de - oxidación con oxígeno que nos producirá la siguiente reacción:



El suministro de oxígeno puede ser en varias formas, siendo las más importantes las siguientes:

- a).- Aereación directa.
- b).- Cloración.
- c).- Ozonización.
- d).- Combinación posible de los 3 incisos anteriores.

De los incisos anteriormente señalados vamos a mencionar únicamente los (b) y (c), ya que son los más fáciles de operar y los de costos más bajos.

CLORACION:

Dosificando una cantidad adecuada de cloro durante un determinado tiempo. Esto se realiza por medio de dosificador de solución de cloro, la cual puede prepararse disolviendo hipoclorito de calcio o sodio, en determinada -

cantidad de agua, según la concentración en p.p.m. que se requieran. También puede efectuarse la cloración mediante la inyección de cloro (gas). La dosificación y el tiempo de contacto debe establecerse por la demanda biológica de oxígeno, si se quiere obtener resultados satisfactorios.

OZONIZACION: (3)

El uso de ozono dentro de la industria embotelladora no se ha generalizado por la falsa idea de que este producto va a dañar el refresco, y se dice falsa, no por el hecho de que el oxígeno en si no sea un enemigo de los refrescos carbonatados, sino por el hecho de que la eliminación del ozono es tan fácil y aún más que la del cloro. La dosificación de ozono y el tiempo requerido se fijan por la demanda biológica de oxígeno, como se puede observar en la siguiente tabla.

Para el desarrollo de este trabajo se dispuso de agua con una concentración de materia orgánica de 44.0 p.p.m. lo cual fué determinada en el Laboratorio, y un gasto de agua por recuperar de 400 Lb./min. Se efectuaron pruebas dejando reaccionar el ozono y realizando análisis de materia orgánica cada 15 mins., con el fin de determinar el tiempo de contacto que debe existir entre el agua y el ozono, y determinar la demanda biológica de oxígeno (BOD),

para después calcular la cantidad de Ozono necesaria por -
hora de trabajo.

Mat. Orgánica (inicial)	Ozono dosif. (p.p.m.)	Tiempo contacto (mins.)	Ozono residual (p.p.m.)	Demanda Biol. O (p.p.m.)
44	60	15	33.2	26.8
44	60	30	12.4	47.6
44	60	45	8.5	51.5
44	60	60	6.0	54.0
44	60	75	2.1	57.9 (*)

(*).- Demanda biológica de oxígeno (57.9 p.p.m. = 57.9 mg./L.).

Supongamos que el contenido de materia orgánica en el agua por recuperar se debe exclusivamente al azúcar arrastrada de las botellas lavadas, ya que por lo que se refiere a colorantes, aceites, esencias, etc., son residuos tan pequeños que pueden despreciarse:



342 mg. 384 mg.

$$\text{Cantidad de Ozono necesaria} = \frac{57.9 \times 384}{342} = 65 \text{ mg.}$$

Pero únicamente el 60% del agua reacciona para oxidar la materia orgánica, tenemos:

$$\frac{65}{0.6} = 108 \frac{\text{mg. de ozono}}{\text{Lt. de agua}}$$

$$108 \frac{\text{mg.}}{\text{min.}} \times 400 \frac{\text{L.}}{\text{min.}} \times \frac{\text{g.}}{1000 \text{ mg.}} = 43.2 \frac{\text{g.}}{\text{min.}}$$

$$43.2 \frac{\text{g.}}{\text{min.}} \times 60 \frac{\text{min.}}{\text{hora}} \times \frac{\text{Kg.}}{1000 \text{ g.}} = 2.6 \frac{\text{Kg.}}{\text{hora}} \text{ de ozono por dosificar}$$

De acuerdo a esta cantidad de ozono se fija la capacidad del Ozonificador y de la cisterna de recuperación.

La ozonización es interesante, fundamentalmente por el tiempo tan corto de contacto que se requiere para eliminar la materia orgánica. Según la tabla anterior se recomienda un tiempo de contacto de una hora 30 mins., para oxidar la materia orgánica.

El ozono por ser un elemento mucho muy inestable es necesario producirlo en el lugar donde va a ser utilizado, el equipo, fundamentalmente consta de un sistema para secar el aire, en caso de que no se utilice oxígeno embotellado, y de un reactor que permita la transformación del oxígeno en ozono, este reactor es un equipo que permite que una corriente de alto voltaje en forma del fluvio eléctrico, sea atravesada por el oxígeno. El oxígeno así transformado en ozono es burbujado en el agua que va a ser tratada. Las - - -

dimensiones de este equipo de acuerdo al gasto, establecen los requerimientos de ozono y tiempo.

Como puede observarse en la siguiente tabla, el contenido de materia orgánica se reduce hasta 1.2 p.p.m., que ya se encuentra dentro de las normas de agua para lavado de botellas.

- TABLA DE PRUEBA EFECTUADA ENTRE OZONO Y
AGUA DE RECUPERACION -

Ozono dosf. (p.p.m.)	Tiempo contacto (mins.)	Mat. Orgánica Inicial (p.p.m.)	Mat. Orgánica Final (p.p.m.)
60	15	44	22.7
60	30	44	8.3
60	45	44	6.0
60	60	44	3.2
60	75	44	1.2

Cisterna de Almacenamiento de Agua.- Esta cisterna tiene dos objetivos principales

- a).- Crear un sistema de equilibrio entre el agua que está purificándose y la demanda de la misma. Cuando la Lavadora detiene su operación, sigue entrando agua purificada a la cisterna, cuando la demanda de agua es mayor, cuenta con un colchón de agua que permite que el proceso no se interrumpa. En esta cisterna existe una entrada de agua,

cruda, que sirve para reponer el agua que lógicamente - se pierde en el proceso, como son retrolavados de filtros, torres de zeolitas, enjuagues, etc., además del agua procedente de los retrolavados diarios que se realizan en los filtros de arena y carbón, usados para el tratamiento del agua para embotellar, y del agua que proviene del sistema de refrigeración, aumentando así la cantidad de agua por recuperar.

- b).- Permitir la sedimentación de partículas coloidales que - atraviesen el filtro de arena y el lecho de zeolitas, pero que al cambiar de pH (de alcalino a ácido) quedan desactivados y se sedimentan en este tanque.

Señalando lo anterior, el diseño de la cisterna deberá ser de acuerdo a los siguientes puntos:

- 1.- Su forma deberá ser rectangular (más comúnmente usada) y será del doble de la capacidad deseada, existiendo una división exactamente a la mitad. El objeto de esto es - el que en un lado de la cisterna se almacene el agua proveniente de la lavadora y en el otro el agua ya recuperada. Ambas partes de la cisterna deberán tener una especie de mamparas que permitan una circulación completa del agua. También es muy recomendable hacer en la cisterna un desnivel para eliminar los sedimentos que se -

van acumulando mediante la operación y además de que tengan un drenado total y mediante ésto una fácil limpieza. Dicho desnivel deberá ser en función del tamaño de la cisterna.

- 2.- El material de construcción puede ser cualquier producto apropiado para almacenar agua; pero de preferencia de concreto y varilla, recubierta con material resistente a la corrosión (ozono). Este material puede agregarse mezclado al concreto o bien recubrir la cisterna con una capa fina de él.

Se recomienda para este fin, el siguiente tipo de resinas:

TIPO DE COMPUESTO	TEMPERATURA MAXIMA	PROPIEDADES
Poliester Insaturado	250° F	Excelente resistencia al agua. Buena resistencia a los agentes oxidantes, ácidos orgánicos e inorgánicos exepcto para altas concentraciones y temperaturas. No recomendada para tiempos-largos de almacenamiento de ésteres y álcalis, cetonas y otros solventes.
Cloruro de Polivinilideno	150° F	Resistencia a productos como ácidos inorgánicos y orgánicos, a productos oxidantes, álcalis, hidrocarburos alifáticos. No muy bueno para cetonas, ésteres y éteres.

FILTRO PULIDOR: (2)

Como último paso del agua de recuperación se tiene señalado en el siguiente diagrama de flujo y en el proceso, la instalación de un filtro pulidor. Actualmente existen en el mercado una amplia variedad, siendo casi todos ellos filtros llamados de bujías, que consisten en un cilindro cuyo fondo ha sido diseñado para permitir el flujo del agua hacia la periferia del cilindro y la salida hacia el centro del mismo a través de los elementos filtrantes llamados bujías y que son cilindros huecos de material poroso (acetato de celulosa, fibra de vidrio, porcelana, acero inoxidable poroso, etc.).

De acuerdo al gasto requerido, y a la filtración que se desee obtener a través del filtro pulidor, será el número de bujías utilizadas y el tamaño del diámetro de poro de las mismas.

Para el caso de aguas usadas para la elaboración de bebidas embotelladas, el tipo de bujías que se recomienda usar son las de acetato de celulosa o fibra de vidrio, por ser estériles, fáciles de lavar y esterilizar, poro más cerrado, durables, etc.

El tamaño del diámetro de poro debe estar entre 5 y 25 micras como límites. Para este trabajo se recomienda el uso de las bujías de 5 micras, ya que necesitamos que el agua recuperada que va hacia los enjuagues finales de la Lavadora esté exenta de cualquier partícula que pueda estar en suspensión.

- CAPITULO III -

- EQUIPO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO
DE RECUPERACION -

- EQUIPO Y DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA RECUPERACION DEL AGUA -

El Equipo necesario para la recuperación de agua es el siguiente:

Colador.

Cisterna doble con división.

Filtro de Arena

Torre de Zeolitas.

Ozonificador.

Filtro Pulidor.

El tamaño y capacidad de este Equipo debe calcularse de acuerdo a la cantidad de agua en litros/minuto que sale de la Lavadora.

En este caso el gasto de agua es de 400 Lts./min. y con esta base se harán los cálculos del tamaño del Equipo.

La capacidad del colador debe ser tal, que permita el flujo del gasto de agua, ya que la función de éste es detener las partículas grandes para no permitir que el Filtro de Arena se tape!

FILTRO DE ARENA:

La velocidad de filtración para esta clase de filtración es de:
4 galones/min. ft². Gasto de agua: 100 galones/minuto.

Area transversal de filtración: $100/4 = 25 \text{ ft}^2$

Sección = $0.785 D^2$; $25 \text{ ft}^2 = 0.785 D^2$; $D = \frac{25}{0.785} = 5.6$

$D = 5.6 \text{ ft} \times \frac{0.305 \text{ m.}}{\text{ft}}$ $D = 1.7 \text{ m.}$

Material de construcción: Acero al carbón.

Condiciones de operación: Temperatura de operación = 22 - 40°C

Presión de diseño = 100 Psi

Tiempo de retrolavado: 12 minutos mínimo

15 minutos recomendable

CISTERNA:

Como ya se mencionó anteriormente su capacidad deberá ser tal,
que retenga el agua por dos horas, tiempo necesario para la oxidación de la ma
teria orgánica. El material será de concreto con varilla.

Gasto: 400 Lts./minuto.

Tiempo de trabajo: 15 horas

Dimensiones: Su forma será rectangular y tendrá por dimensiones
las siguientes:

2 mts. de altura

5 mts. de ancho

15 mts. de largo

Con las cuales nos dará una capacidad de 150

m.³ y nosotros la necesitamos de 125 m.³.

TORRE DE ZEOLITAS:

Velocidad de filtración: 3 galones/min. ft²

Gasto: 50 gal./min. ft²

Area: 1.6 ft²

$$D = \frac{1.6}{0.785} = 1.42 \text{ ft}$$

$$D = 1.42 \text{ ft}$$

Teniendo el diámetro en pulgadas y con la siguiente Tabla calculamos la cantidad de resina necesaria en ft³.

DIA (in)	RESINA (carga ft ³)	SOPORTE (ft ³)
18	6	2
20	6	2
24	7	4
28	12	4
30	10	7
36	15	10

Con $D = 18.5 \text{ in.}$ y la Tabla anterior tenemos que la carga de resina en la torre será de 6 ft^3 , y el soporte de la cama será de 2 ft^3 de carbón activado como purificador.

OZONIFICADOR:

De acuerdo a la cantidad que se quiera producir para oxidar una cierta cantidad de materia orgánica, es la capacidad con que se debe pedir el Ozonificador. El agua de que se dispuso en el Laboratorio contiene 44 p.p.m. y con este dato anteriormente se calculó la cantidad de ozono requerida que fue de $2.7 \text{ Kg.}/\text{turno}$.

FILTRO PULIDOR:

El número de bujías va de acuerdo al gasto que se quiera obtener a la salida del Filtro Pulidor; sabiendo que cada bujía tiene un gasto de $5 \text{ galones}/\text{minuto}$, y teniendo el número de bujías se tiene el tamaño de portafiltros.

La tubería de que se dispuso fue de 2 pulgadas , que va de acuerdo con el manejo del gasto deseado, y el costo de las bombas requeridas.

B O M B A S :

Las bombas son del tipo centrífuga, ya que son las apropiadas para el manejo de fluidos de baja viscosidad, por ocupar poco espacio, ser ligeras y económicas. Conociendo el gasto en galones/minuto y la carga en pies, consultamos la siguiente gráfica y tendremos la potencia de la bomba expresada en H.P.

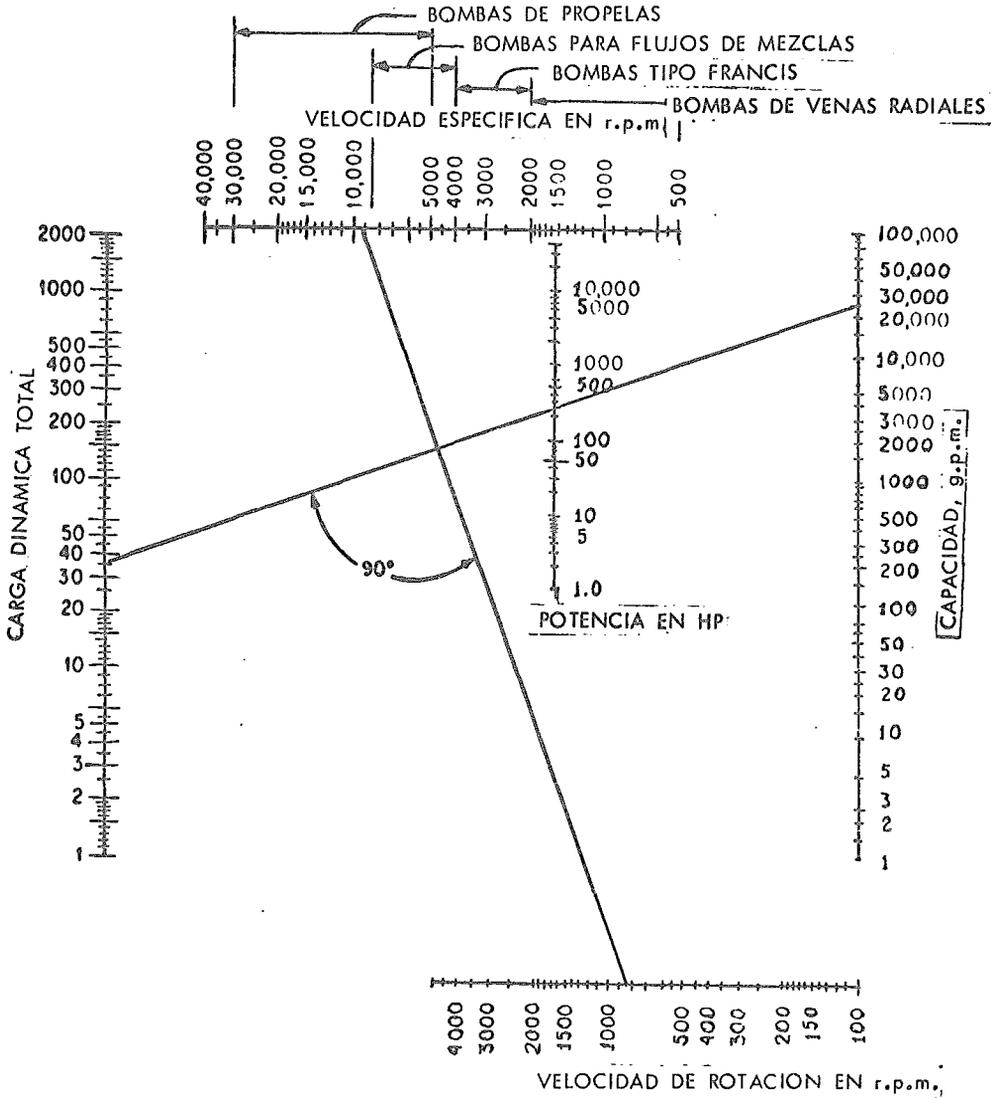


DIAGRAMA PARA SELECCIONAR POTENCIA Y TIPO DE BOMBAS (7)

Para este caso tenemos una capacidad de:

$$400 \text{ Lts./min.} \times \frac{\text{gal.}}{3.78 \text{ Lts.}} = 100 \text{ galones}$$

la carga será de 100 ft

Con estos datos en la gráfica leemos una potencia de bomba de 3 HP.

DESCRIPCION DEL PROCESO:

Primeramente el agua sale de la máquina lavadora de botellas y pasa através del colador, donde son depositadas las basuras de tamaño grande, posteriormente es succionada por una bomba de 3 HP hacia la cisterna de captación y de ahí pasa através del Filtro de Arena, donde son detenidas partículas sólidas con un diámetro de 20 micras, de este filtro es enviada hacia la columna de Zeolitas, donde una parte del agua pasa através de ella, reduciendo notablemente su alcalinidad, y otra parte pasa directamente (sin atravesar la columna), uniéndose ambos flujos antes de entrar al ozonificador; - ésto es con el fin de poder regular el contenido de alcalinidad en el agua recuperada. Una vez que el agua pasa al Ozonificador, se le hace burbujear el O₂, reduciéndose así su contenido de materia orgánica. De este punto el agua es bombeada hacia la cisterna de agua recuperada donde la reacción se lleva a cabo completamente. De esta sección de la cisterna, el agua pasa através del filtro pulidor, donde se detienen partículas de 5 micras y de aquí se hace circular nuevamente hacia los enjuagues finales de la lavadora de botellas

o a darle el uso a que vaya a estar destinada, siempre y cuando no sea usada para el embotellado o para ser ingerida (Véase el siguiente Diagrama de Flujo).

- CAPITULO IV -

- SANIDAD Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

DE RECUPERACION -

- SANIDAD Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO
DE RECUPERACION -

Las prácticas sanitarias y el mantenimiento del Equipo, son esenciales en todas las Plantas Embotelladoras y en general para cualquier industria. El mantenimiento es necesario para el buen funcionamiento de cualquier Equipo y la sanidad es indispensable tomando en cuenta que en este caso, se trata de la elaboración de un producto alimenticio.

Podemos decir que el equipo de recuperación de agua necesita dos clases de mantenimiento, uno para tenerlo en las mejores condiciones de operación y el otro que es la limpieza y esterilización del mismo, para evitar problemas de contaminación o descomposición en la bebida embotellada.

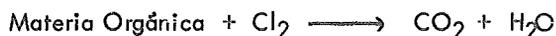
En el primer caso tenemos que anotar el mantenimiento del Filtro de Arena, regeneración de la resina de intercambio iónico, funcionamiento del ozonificador, etc., y en el segundo caso tenemos la esterilización del filtro de arena, limpieza y esterilizado de la cisterna y del filtro pulidor.

FILTRO DE ARENA: (5)

Los filtros de arena se mantienen en buenas condiciones de operación realizando en ellos un lavado a contracorriente al finalizar el turno, y esterilizándolos semanalmente con solución de cloro a una concentración de 200 p.p.m.

El lavado a contracorriente tiene por objeto el de evitar el endurecimiento del lecho filtrante, remover las partículas detenidas durante la filtración y evitar que el filtro se tape. El flujo de agua durante el retrolavado del Filtro debe ser de 12 gal./ft²/min., para garantizar un buen retrolavado del filtro.

La cloración semanal a 200 p.p.m. es con el fin de reducir el contenido de materia orgánica en el Filtro y que es arrastrada por el agua:



Para lograr la acción germicida del cloro en el agua es necesario que el cloro se encuentre en forma de ácido hipocloroso, que representa la forma activa desde el punto de vista germicida de las soluciones de cloro:



Para lograr la formación de este ácido hipocloroso es necesario tener un pH comprendido entre 4 y 7.5. Para pH menores de 4, el ácido hipocloroso se encuentra en forma disociada o en forma no activa, y para pH mayor de 7.5 pero menor de 9.5 el ión previamente es el ión hipoclorito. Para pH = 10, todo el cloro existente está en forma de ión hipoclorito.

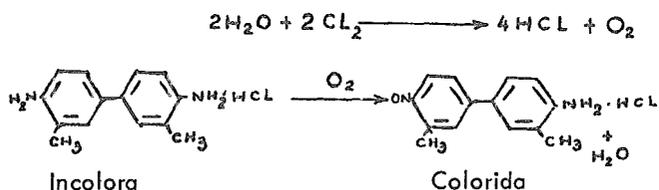
Esta esterilización deberá efectuarse en la siguiente forma:

- 1.- Vaciar el filtro totalmente.
- 2.- Abrir la tortuga superior del filtro e introducir la cantidad requerida de cloro, para una concentración de 200 p.p.m. (según el volumen del filtro).
- 3.- Llenar el filtro nuevamente y dejarlo así por espacio de dos horas.
- 4.- Transcurrido este tiempo se procede al retrolavado del filtro, haciendo circular agua de la parte inferior a la superior del filtro, hasta comprobar que se ha eliminado todo el cloro.
- 5.- Una vez eliminado el cloro se cambia la dirección del flujo a su posición normal, dejando correr el agua durante 5 mins. Después de este tiempo se deja en posición de servicio.

La prueba más simple para la determinación de cloro en el agua es usando el "Comparador Taylor", en la siguiente forma:

Con el agua que se va a probar se enjuagan 3 tubos y se llenan hasta la marca. Se secan exteriormente y se colocan en las perforaciones de la base. Se agregan 3 gotas de solución de Ortotolidina al tubo del centro. Se agita este tubo y se esperan 5 mins. Se observa al Comparador Taylor contra la luz fuerte y

difusa, corriendo la escala hasta que la muestra coincida con alguna de las ampolletas de la escala o se encuentre entre dos de ellas. Si al agregar la Ortotolidina no acusa coloración amarillenta o rojiza, según la concentración de cloro, ésto indica la ausencia de cloro en el agua:



Además de los retrolavados diarios y de las esterilizaciones semanales es necesario que anualmente se destape el filtro de arena y se efectúe una revisión de las gravas y arenas, al igual que del estado interior del filtro. Las paredes se lavarán perfectamente y en caso de ser necesario pintar nuevamente con pintura epoxi o cualquier otro tipo de pintura que sea resistente a la corrosión, acción del cloro, al vapor, y agua caliente.

Al cargar el filtro se verificará que las gravas tengan la altura requerida; para un filtro estándar de 1.50 mts. de altura, en la sección recta serán las siguientes:

Grava # 2 (13 - 26 mm. de diámetro) = 10 cm.

Grava # 3 (6.5 - 13 mm. de diámetro) = 10 cm.

Grava # 4 (6.5 - 3 mm. de diámetro) = 15 cm.

Grava # 5 (0.8 - 1.2 mm. de diámetro) = 30 cm.

Arena Fina (0.4 - 0.5 mm. de diámetro) = 45 cm.

El espacio vacío o de expansión será de 25 a 30 cm. de altura mínima.

Después de colocadas las gravas y arenas se esteriliza el filtro en la forma descrita con anterioridad.

REGENERACION DE LAS ZEOLITAS INTERCAMBIADORAS: (3)

La resina debe regenerarse cada vez que se agote, dependiendo de la cantidad de agua que entra en contacto con ella, para reducir la alcalinidad, con la consiguiente saturación de la resina.

Primeramente es necesario lavar a contracorriente la resina con agua durante 10 mins., con el objeto de purgar la cama de todo material insoluble en suspensión. La cama debe expandirse un mínimo de 50% durante el retrolavado. Después de esto, se vacía la columna por la parte superior y conforme esto sucede, por la parte inferior de la columna se inyecta una solución de ácido sulfúrico al 50%, o también puede usarse ácido clorhídrico al 10%, hasta inundar completamente la cama de resina. La cantidad dosificada de ácido va de acuerdo a los pies cúbicos de resina existentes en la columna. Se deja la resina en contacto con el ácido por espacio de 15 mins., y posteriormente se le hace un lavado a contracorriente durante 5 mins., al cabo de los cuales se ende

reza el flujo en posición normal y queda en condiciones de operación.

Reacciones de las Zeolitas:

HZ = Zeolita ciclo hidrógeno ácido.

Reacción para reducir la alcalinidad:



Reacción al ser regenerada la Zeolita:



CISTERNA DE ALMACENAMIENTO:

Se deberán lavar por lo menos cada 2 semanas totalmente, pisos paredes y techos con agua y detergente, después se enjuagará totalmente, y se cargarán lo más pronto posible con el agua por recuperar (ya ozonizada).

Cada año conviene revisar la pintura de la cisterna y de ser necesario volver a pintarla.

FILTRO PULIDOR:

Estos filtros se deben destapar semanalmente y sacar las bujías - que lo componen para lavarlas lo mejor posible. Si las bujías son de acetato de celulosa o fibra de vidrio, se lavarán con agua clorada a una concentración de 50 p.p.m., dejándolas sumergidas en esta solución por espacio de

una hora, al cabo de la cual se sacan y se enjuagan perfectamente con agua, hasta eliminar el cloro. El portafiltros se lavará perfectamente - cepillando sus paredes con agua clorada y posteriormente se enjuagará - hasta eliminación total de cloro. Cuando las bujías se encuentren en - mal estado deberán cambiarse por unas nuevas.

- CAPITULO V -

- CONTROL DE CALIDAD Y PRUEBAS REALIZADAS -

Uno de los aspectos del embotellado de las bebidas carbonatadas es la conservación de la calidad y uniformidad del producto.

A fin de conservar la uniformidad y calidad de los productos es esencial establecer normas adecuadas a las bebidas y que se observen tan rigurosamente como sea posible, pero además de estas normas un aspecto muy importante es el de mantener un control apropiado de la Planta. Este control consiste en regular los diferentes pasos que intervienen en la elaboración de las bebidas, tales como: tratamiento del agua, lavado de botella, filtración de jarabe, preparación de jarabe terminado, carbonatación de la bebida, etc., y en general el mantenimiento de buenas condiciones del equipo de embotellado.

Uno de los puntos más importantes es el control de lavado de la botella. Como ya se dijo anteriormente. Para el caso de este trabajo se hablará en especial de las normas que debe tener el agua utilizada para el enjuague de las botellas, ya que el agua recuperada debe acercarse a tener las mismas propiedades y características.

El agua potable tiene como propiedades principales las siguientes: [INODORA, INCOLORA E INSIPIDA.] Debe ser bacteriológicamente pura, tener un pH de 7.0 o cercano a este valor. Basándonos en estas propiedades, se trató de que el agua recuperada por medio del tratamiento a que fué sometida, tuviera estas características o bien que se acercara a ellas,

lo más posible; para ésto se hicieron pruebas, para tener un control de la calidad del agua recuperada obtenida. Dichas pruebas son las siguientes: ALCALINIDAD, DUREZA, MATERIA ORGANICA, pH, y ANALISIS BACTERIOLOGICOS, efectuándose siembras en medio de Tryptona para determinar cuenta bacteriana y en medio de Papa, para el conteo de hongos y levaduras.

DETERMINACION DE ALCALINIDAD:

Para efectuar esta prueba se toman 50 ml. de agua recuperada, a los cuales se les añaden 3 gotas de indicador Fenolftaleina, y si no produce coloración rojo-violacea se anota: $F = 0$.

Si produce coloración se titula con Acido Sulfúrico 0.02 N., hasta desaparición del color, anotando los mililitros gastados y se llama "F" a esta lectura. Después se agregan 3 gotas o 4 de indicador Anaranjado de Metilo, tomando la muestra un color amarillo; nuevamente se titula con Acido Sulfúrico 0.02 N., hasta que el color cambia a canela pálido. Se anota esta lectura y se llama "M".

Se multiplica: $(F + M) 20$, y así se obtendrá la alcalinidad total, expresada en p.p.m. de Carbonato de Calcio.

DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL:

Se toman 50 ml. de agua recuperada, agregándole 5 ml. de solución Buffer para dureza. Se añade una porción de indicador Eriocromo Negro T, y la solución tomará un color rojo. Se titula con Versenato de -

Sodio, agitando continuamente hasta que el color rojo pase a azul.

Los mililitros gastados de solución de Versenato se multiplican por 20 y el resultado es la dureza total expresada en p.p.m. de Carbonato de Calcio.

DETERMINACION DE OXIGENO CONSUMIDO EN MEDIO ACIDO (MATERIA ORGANICA):

A 50 ml. de la muestra por analizar, se agregan 5 ml. de Acido Sulfúrico 1:3, y 5 ml. de Permanganato de Potasio 0.0125 N., se pone la solución a baño maría durante 30 mins., al cabo de los cuales se retira y se agregan 5 ml. de solución de Oxalato de Sodio 0.0125 N., decolorándose la solución. Se titula con Permanganato de Potasio 0.0125 N., hasta la aparición de color rosa, que marca el fin de la titulación.

Se multiplica por 2 el número de mililitros gastados de solución de Permanganato de Potasio y se obtiene el resultado en p.p.m.

PRUEBAS BACTERIOLOGICAS: (8)

- a).- MEDIO DE TRYPTONA.- Primeramente se hace la siembra en medio de Tryptona, para la determinación de la cuenta bacteriana, para lo cual se necesita esterilizar el ambiente con un mechero (o si es posible con luz ultravioleta mucho mejor). Se toma una caja petri perfectamente esterilizada y se agrega un ml. de agua por analizar, después se agregan 10 ml. de

medio de tryptona, que no debe estar a una temperatura mayor de 35° C, se agita nuevamente la caja y se espera a que solidifique el medio, se pone a incubar la caja a una temperatura de 35° C, durante 24 horas. Después de este tiempo se hace la lectura de colonias bacterianas, la cual no debe ser de más de 200 colonias por ml. de muestra, o el producto se considerará impropio, según lo establecen las autoridades de la S.S.A.

b).- MEDIO DE PAPA.- La forma y condiciones para llevar a cabo esta siembra es la misma forma que para realizar la siembra en medio de tryptona, únicamente varía el medio de cultivo, que en este caso es de Papa, y se debe acidular agregándole a 90 ml. de medio 1.6 ml. de solución de ácido tartárico al 10%, que también al igual que los medios debe ser esterilizado en autoclaves durante 15 mins., a una temperatura de 120° C.

Para poder saber la cantidad de hongos y levaduras es necesario que una vez hecha la siembra, las cajas de petri se incuben a temperatura ambiente durante 120 horas (5 días), al cabo de los cuales ya se han desarro

llado los gérmenes,

El contenido de hongos y levaduras no debe ser mayor de 20 colonias por mililitro de muestra, ya que de lo contrario el producto sembrado se considera impropio, para su consumo.

- 1.- Menos de 20 organismos de los grupos - coli y coliforme por litro de muestra, - definiéndose como organismos de los grupos coli coliforme todos los bacilos no esporógenos, gram negativos; que fermenten al caldo lactosado con formación de gas.

- 2.- Menos de 200 colonias bacterianas por - centímetro cúbico de muestra, en la pla ca de agar incubada a 37° C, por 24 - horas.

- 3.- Ausencia de colonias bacterianas licuan- tes de la gelatina, cromógenos o fétidos en la siembra de un centímetro cúbico - de muestra en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

Con el objeto de llevar un control de calidad del agua recuperada, respecto a su pureza bacteriológica, contenido de alcalinidad, pH, materia orgánica y sus respectivos análisis organolépticos, se realizaron estas pruebas en el Laboratorio, obteniéndose los siguientes resultados:

- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS -

P R U E B A	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	Muestra # 4
Alcalinidad	20 ppm	35 ppm	20 ppm	20 ppm
Dureza	40 ppm	40 ppm	35 ppm	42 ppm
Mat. Orgánica	1.6 ppm	1.0 ppm	1.4 ppm	1.2 ppm
pH	6.2	6.2	6.4	6.3
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Color	Incolora	Incolora	Incolora	Incolora
Sabor	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida

- ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS -

MUESTRA #	MEDIO TRYPTONA (cols. bacterianas/ml.)	MEDIO PAPA (Hongos y lev./ml.)	RESULTADO
1	10	2	Propio
2	12	4	Propio
3	0	0	Propio
4	6	4	Propio

Observando los resultados anteriores vemos que el agua recuperada, por lo que se refiere a los análisis efectuados, se acerca bastante a las propiedades del agua potable, por lo que se deduce que es adecuada para usarla en los siguientes puntos de la Planta:

- a).- Para enjuague final en la máquina lavadora de botellas. Con respecto a esto es importante señalar que se efectuaron siembras con botella lavada y enjuagada con el agua recuperada, obteniéndose resultados satisfactorios en ambos medios (Tryptona y Papa).
- b).- Se usa también para el sistema de refrigeración de la cabeza de los compresores.
- c).- Para el riego de jardines y limpieza general de la Planta.
- d).- En los sanitarios de la embotelladora.

De todos estos usos el más importante es el del inciso (a), ya que es de los puntos donde existe más gasto de agua en una Planta embotelladora de bebidas carbonatadas, y por tratarse de un agua recuperada bacteriológicamente pura.

El control de calidad del agua recuperada, aparte de los análisis realizados, debe completarse con el saneamiento y mantenimiento del Equipo de Recuperación.

- CAPITULO VI -

- BALANCE ECONOMICO TIPO -

- BALANCE ECONOMICO TIPO -

Base; 400 Lts./min. de recuperación

Precio Del Equipo:

Ozonificador	\$	120,000.00
Torre de zeolitas		30,000.00
Cisterna para 100 m. ³		30,000.00
Bombas		30,000.00
Válvulas, tuberías		15,000.00
Filtro de Arena		8,000.00
Filtro Pulidor		5,000.00
Colador		2,000.00
T O T A L =	\$	<u>240,000.00</u>

Los datos son de cotizaciones actuales.

La recuperación anual será:

$$\frac{400 \times 60 \times 16 \times 300}{1000} = 115,200 \text{ (m}^3\text{/L) (L/min) (min/Lb) (Lb/día) (día/año)}$$

115,200 metros cúbicos por año

Costo de Depreciación: (1)

Considerando que el Equipo se paga en un año, la inversión al 8% sería:

$$240,000.00 (1 + 0.08)^1 = 240,000.00 (1.08) = \$ 259,800.00$$

Por lo tanto la depreciación a 10 años por metro cúbico que da:

$$\frac{259,800}{115,200} = (\text{m}^3/\text{año}) (\$/\text{año}) = 2.25 \text{ \$/m}^3$$

Si el recuperar nos cuesta: 2.25 $\$/\text{m}^3$, los chorros al año considerando el precio del agua a 2.50 $\$/\text{m}^3$, serán:

$$115,200 (2.50 - 2.25) = (\text{m}^3/\text{año}) (\$/\text{m}^3) 28,800.00 \text{ \$/año}$$

Considerando ahora el ahorro después de impuestos, si es una Empresa que tiene utilidades superiores a \$ 500,000.00 anuales, y que paga por lo tanto 42% sobre utilidades, los ahorros vendrán a ser:

$$28,800 \times 0.58 = 16,704.00 \text{ \$/año}$$

Aún así la inversión después de impuestos se paga en:

$$\frac{259,800.00}{16,704.00} = 15.5 \text{ años}$$

Como puede observarse la recuperación, usando Ozono para

la oxidación de la materia orgánica no es costeable, ya que el Equipo o sea la inversión se pagaría a los 15 años.

Pero si usamos cloro para la oxidación de la materia orgánica, la recuperación si resulta costeable.

Para este caso, el agua depositada en la cisterna de captación se cloraría, según el contenido de materia orgánica, por medio de un aparato clorador, y de ahí se pasaría al Filtro de Arena, después a un Filtro de Carbón, para eliminar el cloro residual, y posteriormente a la Torre de Seolitas para la eliminación de la alcalinidad, de donde se pasaría a la cisterna de almacenamiento, y de aquí al Filtro Pulidor, pasando finalmente a la Lavadora o a los servicios.

- BALANCE ECONOMICO TIPO -

Base: 400 Lts./min. de recuperación

Precio del Equipo:

Torre de Zeolitas	\$	30,000.00
Cisterna para 100 m ³		30,000.00
Bombas		30,000.00
Válvulas y tuberías		15,000.00
Filtro de Arena		8,000.00
Filtro de Carbón		8,000.00
Filtro Pulidor		5,000.00
Clorador		3,000.00
Colador		2,000.00
TOTAL =		<u>\$ 131,000.00</u>

La recuperación anual será:

$$\frac{400 \times 60 \times 16 \times 300}{1000} = 115,200 \text{ m}^3/\text{año}$$

Costo del Tratamiento Químico:

CLORO.- Para el agua que sirvió para este trabajo se cloró a 50 p.p.m.

$$50 \text{ p.p.m.} = 50 \text{ g./m}^3$$

$$\frac{50 \times 5.00}{100} = (\text{Kg/g}) (\text{g/m}^3) (\$/\text{Kg}) = 0.25 \$/\text{m}^3$$

Costo de la Depreciación:

$$131,000.00 (1 + 0.08)^1 = \$ 141,480.00$$

La depreciación a 10 años por metro cúbico será:

$$\frac{141,480.}{115,200} = 1.23 \$/\text{m}^3$$

Si el recuperar agua cuesta $1.23 + 0.25 \$/\text{m}^3$, los ahorros al año, considerando el precio del agua a $2.50 \$/\text{m}^3$, será:

$$115,200 (2.50 - 1.48) = 117,504 \$/\text{año}$$

Si la Empresa paga el 42% sobre utilidades, los ahorros serán:

$$117,504 \times 0.58 = 68,152.32 \$/\text{año}$$

La inversión después de impuestos se paga en:

$$\frac{131,000.00}{68,152.32} = 1.62 \text{ años}$$

O sea la inversión se pagaría en un año 7 meses.

Si la inversión no se realiza, esta Embotelladora tira al dr
naje:

$$115,200 \text{ m}^3/\text{año} \times 2.50 \$/\text{m}^3 = 308,000.00 \$/\text{año}$$

- CAPITULO VII -

- CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA -

- C O N C L U S I O N E S -

- 1.- Desde el punto de vista económico, no es recomendable realizar la recuperación de agua utilizada para la oxidación de la materia orgánica el ozono, o sea instalando en el equipo de recuperación un equipo para la producción de ozono, ya que ésta eleva demasiado el costo del equipo total de recuperación, resultando incosteable la recuperación. Pero si la oxidación de la materia orgánica se efectúa por medio de la clorinación del agua, si resulta bastante económico la recuperación, ya que el costo del equipo disminuye considerablemente.

- 2.- Si tomamos en cuenta que el agua es escasa en la mayor parte de la república, y como una forma de evitar la contaminación de los ríos, lagos, etc., si es recomendable la recuperación, sobre todo en lugares como la Ciudad de México, la península de Baja California, Yucatán, etc. En resumen el agua debe recuperarse, ya que se evita el desperdicio de ésta y se elimina la contaminación de las mismas por alto contenido de materia orgánica de las aguas de desecho.

- 3.- Por último se recomienda que el agua recuperada, sólo se recircule por 8 días, o sea que cada vez que se efectúe la limpieza y esterilización del equipo de recuperación, el agua recuperada se deseché volviéndose a recuperar agua usada por primera vez en la lavadora de botellas.

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

- 1.- DE LAVAL.- Engineering Handbook, Thir Edition, McGraw Hill
Book Co., 1970.
- 2.- MANUAL PRACTICO PARA LA INDUSTRIA DE REFRESCOS.- All -
Americas Publishers Service Inc., 1966.
- 3.- ESKEL NORDELL.- Water Treatment For Industrial and other uses,
Reinhold Publishing Corporation, 1960.
- 4.- APHA.AWWA.WPCF.- Métodos Estándard para el Examen de Aguas
y Aguas de Desecho, Undécima Edición, Editorial Intera
mericana, S. A., 1960.
- 5.- MANUAL TECNICO DE ORANGE CRUSH DE MEXICO, S. A.- 1972.
- 6.- BROWN & ASSOCIATES.- Unit Operations, John Wiley & Sous, Inc.,
Seventh Printing, 1960.
- 7.- TYLER G. HICKS.- Standard Handbook of Engineering Calculation,
McGraw Hill Book Co., 1972.
- 8.- PRESCOTT Y DUNN.- Microbiología Industrial, 2a. Edición, Aguilar
S. A., de Ediciones, 1960.

- o -