

51  
201



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## ELABORACION DE REFRESCOS CON AGUA PRODUCTO DE OSMOSIS INVERSA

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO**

P R E S E N T A

**ROSA LILIANA GARCIA LADRON DE GUEVARA**

MEXICO, D. F.

1993

TEJES CON  
FALTA DE ORIGEN



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

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

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

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

## OBJETIVOS

<u>INTRODUCCION</u>	1
<b>1 <u>DESALACION DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA</u></b>	5
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA	5
CONCEPTOS BASICOS SOBRE OSMOSIS INVERSA	7
DESCRIPCION DEL PROCESO	10
CARACTERISTICAS DE LA MEMBRANA	11
PERMEADOR B-9 PERMASEP	12
PATRON DE FLUJO DEL PERMEADOR	14
VARIABLES EN EL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA	15
<b>2 <u>ASPECTOS COMPARATIVOS ENTRE LA OSMOSIS INVERSA Y OTROS PROCESOS DE DESALACION</u></b>	18
<b>3 <u>DISEÑO DE LA PLANTA</u></b>	21
PROYECCIONES	21
EQUIPO DE UNA PLANTA DE UN PASO	24
DISTRIBUCION DEL EQUIPO	25
<b>4 <u>PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE ALIMENTACION</u></b>	26
FILTRACION POR CARBON ACTIVADO	26
<b>5 <u>POSTRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCTO</u></b>	30
DESINFECCION CON RADIACION ULTRAVIOLETA	30
<b>6 <u>COMPONENTES DEL REFRESCO</u></b>	35
AZUCAR	35
SABORIZANTES	36
COLORANTES	39
ACIDULANTES	45
CONSERVADORES	47
<b>7 <u>PARTE EXPERIMENTAL</u></b>	49
ELABORACION DEL REFRESCO	49
<b>8 <u>RESULTADOS</u></b>	55
REPORTE DE OPERACION DE LA PLANTA	56
ESPECIFICACIONES DE CONTROL DE CALIDAD	70
ACEPTACION DEL PRODUCTO EN EL MERCADO	71
<b>9 <u>ANALISIS DE RESULTADOS</u></b>	76
<b>10 <u>CONCLUSIONES</u></b>	78
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	79

# OBJETIVOS

---

Los objetivos de esta tesis son:

- Realizar una investigación acerca del proceso de ósmosis inversa.
- Desarrollar experimentalmente la desalación de agua dura mediante el proceso de ósmosis inversa.
- Elaborar refrescos sin gas con agua de excelente calidad en la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

# INTRODUCCION

---

El agua es considerada como el disolvente universal. En su estado natural se le encuentra con cantidades variables de otras sustancias cuyas concentraciones fluctúan de región en región.

El agua es probablemente el recurso natural mas importante del mundo ya que sin ella no podría existir la vida. Tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente.

Este es uno de los problemas a los que se está enfrentando la Ciudad de Cancún en la actualidad. Esta ciudad es reconocida mundialmente como uno de los mejores centros turísticos que existen, lo cual ha provocado un enorme crecimiento en su población. Aún cuando el gobierno del estado está realizando un gran esfuerzo por cubrir, tanto el abastecimiento de agua de la zona turística como el de la población, este aún no es suficiente y la calidad del agua de la red municipal deja mucho que desear, como lo muestra la siguiente tabla:

## ANALISIS FISICOQUIMICOS

- pH	8.3
- STD	1349.8
- SiO <sub>2</sub> ppm	9.1
- CO <sub>2</sub> ppm	1.3
- T°C	27.0
- Cationes: Ca <sup>2+</sup>	350.0 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
* Mg <sup>2+</sup>	250.0 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Na <sup>+</sup>	443.0 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
- Aniones: HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	128.1 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
* SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	520.0 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Cl <sup>-</sup>	395.0 mg/l como CaCO <sub>3</sub>

STD=Sólidos Totales Disueltos

## ANALISIS MICROBIOLOGICOS

- Coliformes Totales: 55 col/100 ml
- Coliformes Fecales: 17 col/100 ml

## ANALISIS SENSORIALES

- Color: Transparente, ligeramente verdoso
- Olor : Característico de algas
- Sabor: Característico de algas

## T A B L A 1 ANALISIS DE AGUA DE LA RED MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE CANCUN, QUINTANA ROO

\* NOTA: La concentración de cationes y aniones que aquí se indica es un análisis representativo, no obstante varía según la época del año.

El agua es una materia prima básica que se utiliza para la elaboración del refresco, de la misma manera que el saborizante, y es una parte integral de la bebida. De ahí que el agua sea el vehículo ó la porción líquida que acarrea "camas" y que contiene el azúcar, el sabor, los ácidos y el color. El 85% del volúmen total del refresco es agua. El agua debe ser de la calidad suficiente para mantener el balance correcto de los ingredientes, saborizantes y al mismo tiempo no debe contener sustancias que afecten el sabor y la apariencia de la bebida (1).

La mayor parte de las compañías refresqueras utilizan agua de la red municipal para la elaboración de sus productos. Aunque la mayor parte de las veces el agua de la red municipal es potable, ésta se purifica para la elaboración de refrescos con la finalidad de:

- 1) Asegurar que todas las bacterias se hayan eliminado.
- 2) Para eliminar las sustancias indeseables del agua que pueden afectar su apariencia, sabor y la estabilidad del producto final.
- 3) Para ajustar el pH al nivel deseado.
- 4) Para asegurar una consistencia de la calidad del agua en las diferentes estaciones del año.

Debido a que los refrescos son primordialmente agua, cualquier olor ó sabor presente en la misma afectará el sabor final del producto. También la claridad cristalina de muchas bebidas es muy importante desde el punto de vista organoléptico, ya que esto repercute en la aceptación del producto.

Debido a que la calidad del agua es tan importante para la elaboración de bebidas refrescantes, muchas plantas cuentan con sistemas de tratamiento de agua.

En Cancún, el agua tiene un contenido de sales muy elevado, razón por la cual para tener la calidad de agua requerida para la elaboración de refrescos se eligió el método de desalación por ósmosis inversa.

# 1 DESALACION DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA

---

## CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA

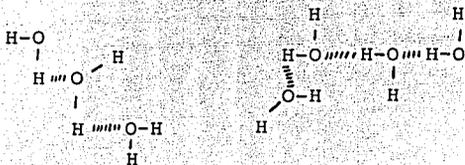
Cerca del 70% del peso del cuerpo humano es agua. La necesidad de agua en el mismo es a nivel molecular, celular y a niveles metabólicos y funcional. El agua es el principal disolvente de las sustancias químicas orgánicas que participan en las reacciones bioquímicas esenciales para la vida. El agua es el principal medio para el transporte de los elementos nutritivos a través de las membranas celulares. Asimismo es el medio mediante el cual se eliminan los productos nitrogenados de desperdicio de las células.

Muchas de las macromoléculas con interés biológico desarrollan su actividad solamente al asociarse con moléculas de agua, como es el caso de las proteínas, las enzimas y los ácidos nucleicos (2).

El agua es el compuesto químico mas abundante de la corteza de la Tierra. Se compone de dos elementos, que son: **HIDROGENO Y OXIGENO**, que se encuentran combinados en la proporción de dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno.

Es una molécula nolineal y altamente polar. Esta polaridad es debida a la diferencia de electronegatividades que se produce porque el oxígeno tiene un gran poder de atracción sobre los electrones de los dos hidrógenos, formándose en

éstos una carga parcial positiva (d+) y en el átomo de oxígeno una carga parcial negativa (2d-).



Estas diferencias de carga eléctrica hacen a la molécula de agua muy polar y debido a sus cargas parciales tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno tanto con algunas moléculas de agua como con otros de los constituyentes de los alimentos, tales como proteínas y carbohidratos principalmente.

Los puentes de hidrógeno desempeñan un papel muy importante en todos los sistemas biológicos, ya que las estructuras básicas de las proteínas y de los ácidos nucleicos están formados y estabilizados por estas fuerzas (3).

FORMULA	H <sub>2</sub> O
PESO MOLECULAR	18
PUNTO DE FUSION (°C)	0
PUNTO DE EBULLICION (°C)	100

Estas constantes físicas son debidas en gran parte a la capacidad que tiene el agua de formar puentes de hidrógeno.

El agua es el producto de la **combustión** del hidrógeno y del oxígeno y es sumamente estable puesto que para descomponerla es necesario restituirle la energía que desprendió al formarse. El agua es un oxidante débil y un reductor pobre debido a que no tiende a entregar su oxígeno, ni a quitarlo de otros compuestos. El agua tiene un color azul en espesores superiores a los 2 m debido al oxígeno disuelto, los otros matices que presenta son debidos a impurezas como crecimiento de algas ó a la reflexión del cielo.

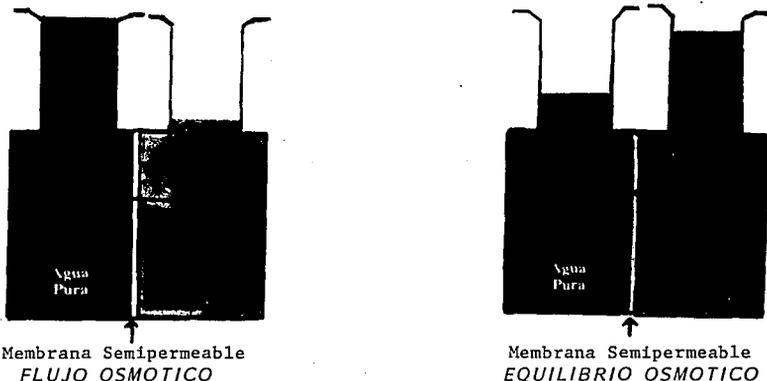
## **CONCEPTOS BASICOS SOBRE OSMOSIS INVERSA**

La ósmosis inversa tiene una historia relativamente joven ya que los primeros estudios sobre las membranas fueron iniciados en la década de los 60's. En un principio se estudiaron con el fin de separar helio del gas natural y posteriormente, ante la necesidad de agua potable en diversos lugares, se enfocaron los estudios a la purificación de agua con el objeto de desalar el agua de mar.

Los primeros resultados se obtuvieron en 1967 al producirse membranas para desalar agua salobre y es hasta 1970 que se introduce al mercado la membrana tipo B-9 para desalar agua salobre.

Desde entonces a la fecha, el uso de las membranas de ósmosis inversa ha ido en aumento debido a la versatilidad de sus usos, ya que éstas permiten proporcionar agua con bajo contenido de STD para usos potables, municipales y procesos industriales.

La ósmosis inversa es una derivación científica del proceso de ósmosis natural descubierta en 1748 por Nollet. El fenómeno de ósmosis es un proceso que se manifiesta cuando dos soluciones de diferente concentración, por ejemplo agua pura y agua salina, están separadas por una membrana semipermeable, la cual tiene la propiedad de dejar pasar el agua pura de la disolución pero no los cuerpos disueltos en la misma. De esta manera se origina una presión osmótica natural que fuerza al agua pura a pasar por la membrana, diluyendo el agua salina hasta alcanzar el equilibrio osmótico (Fig. 1).

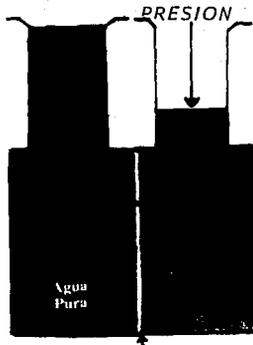


**F I G U R A 1 FENOMENO DE OSMOSIS NATURAL**

El hombre en su esfuerzo por obtener agua potable, descubrió que podía valerse de la ósmosis para lograr sus propósitos. De ésta manera realizó algunos cambios al proceso de ósmosis natural logrando llevar a cabo la ósmosis inversa de la siguiente forma:

1. Aplicando una fuerza ó presión externa sobre el líquido de mayor concentración para vencer la presión osmótica normal.
2. Construyendo membranas espirales que permiten que la mayoría de los elementos disueltos (minerales, materia biológica y coloidal) se concentren en un lado y que el agua fluya hacia el lado de menor concentración a través de la membrana semipermeable.
3. Logrando que el flujo del agua sea continuo, de modo que pueda obtener agua no concentrada (permeada) en cantidades importantes, separándola del agua concentrada (salmuera).

La ósmosis inversa consiste en aplicar una presión superior a la presión osmótica del lado de la solución más concentrada, invirtiendo así la dirección del flujo de agua pura (Fig. 2).



Membrana Semipermeable  
*OSMOSIS INVERSA*

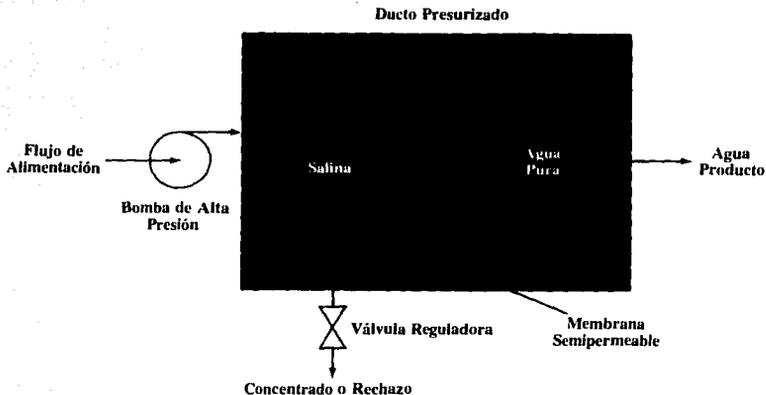
## F I G U R A 2 FENOMENO DE OSMOSIS INVERSA

Este fenómeno es la base del proceso de desalación de agua sin cambio de fase (4).

### DESCRIPCION DEL PROCESO

En un proceso simplificado de ósmosis inversa, el agua salobre es bombeada a alta presión a la membrana (permeador).

Una válvula reguladora de flujo permite el escape de la salmuera concentrada, y a la vez regula la presión del trabajo dentro del permeador, con lo cual se rompe el equilibrio de la presión osmótica y permite que cierta cantidad de agua pase a través de la membrana y salga como agua producto ó permeado (Fig. 3).



**F I G U R A 3** DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE FLUJO DE OSMOSIS INVERSA

El proceso entero es controlado por la válvula reguladora. Si se moviera ésta válvula la concentración aumentaría en el lado de la alimentación (baja la presión de rechazo) causando un aumento en la presión osmótica hasta igualar la presión ejercida, y entonces el proceso cesaría. Mientras tanto se podrían formar incrustaciones en la membrana debido a la precipitación de materiales disueltos en la solución.

### **CARACTERISTICAS DE LA MEMBRANA**

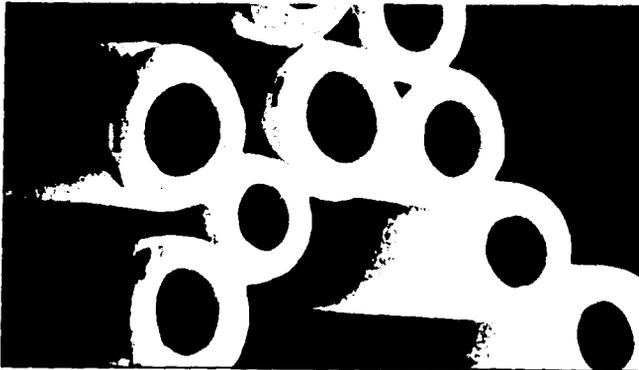
La membrana semipermeable juega quizá el papel más importante en el proceso de ósmosis inversa ya que es su naturaleza química y física lo que determina las variables del proceso y por lo tanto la permeabilidad.

La membrana seleccionada para desalar agua por el proceso de ósmosis inversa debe ser altamente permeable al agua e impermeable a las sales con el objeto de obtener la mayor cantidad de agua producto de calidad aceptable. Así mismo debe ser extremadamente delgada para maximizar el flujo pero lo suficientemente resistente para soportar altas presiones. Los cambios en el transporte a través de la membrana y de sus propiedades mecánicas deben ser mínimos después de una prolongada exposición a las altas presiones. De la misma manera es imprescindible la resistencia de la membrana al ataque de los agentes químicos y biológicos.

#### PERMEADOR B-9 PERMASEP

La membrana utilizada en el permeador B-9 de Dupont es una delgada fibra hueca fabricada a partir de un polímero de poliamida aromática (aramida). Sus dimensiones son las siguientes:

- Diámetro Interno = 42 micras
- Diámetro Externo = 93 micras



F I G U R A 4 MICROFOTOGRAFIA DE UNA FIBRA HUECA

El permeador B-9 de "Permasep" se compone de un cilindro de fibra de vidrio que contiene millones de membranas semipermeables de fibra hueca de aramida. Estas fibras son acomodadas en bases conteniendo cerca de 800,000 fibras o sea 1750 ft<sup>2</sup> de área de superficie en un permeador de 4" de diámetro. Una vez que los paquetes de fibras son formados por una máquina, se le aplica adhesivo epóxico a uno de los extremos del haz de fibras durante su enrollado, formándose así el bloque de fibras que conforma al permeador.

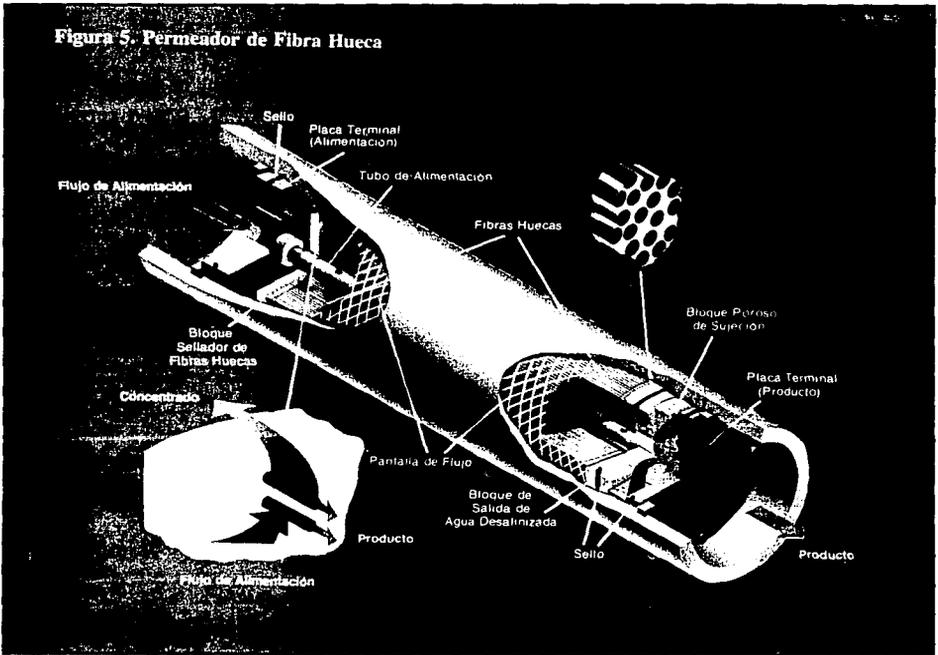


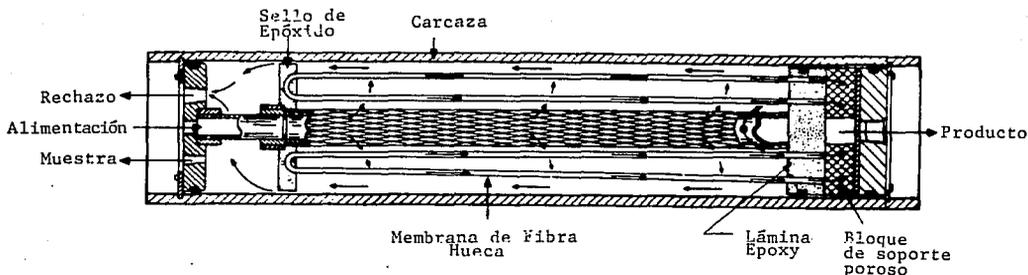
FIGURA 5 COMPONENTES DEL PERMEADOR DE FIBRA HUECA.

## PATRON DE FLUJO DEL PERMEADOR

El agua de alimentación entra al permeador a una presión de 400 PSIG a través del tubo distribuidor localizado en el centro y a lo largo de toda la unidad. El agua alimentada pasa a través de las paredes del distribuidor y fluye radialmente a través del paquete de fibras hacia la cápsula exterior del permeador. Una red llamada Keemay mantiene el haz de fibras con su configuración original y provee cierta turbulencia, con lo cual se reduce el efecto de polarización de la concentración. El agua alimentada, bajo la influencia de la alta presión (la cual eleva su potencial químico), pasa a través de la pared de las fibras hacia el túnel interior de ellas. El agua producto desalada fluye hacia las terminaciones abiertas de las fibras huecas, convirtiéndose así en una corriente que sale por el orificio de salida de agua producto al final del permeador.

Las sales minerales y otras impurezas permanecen disueltas en la salmuera rechazada en el exterior de las fibras huecas y fluyen hacia el exterior del permeador a través del desagüe de salmuera ubicado en el final opuesto al orificio de salida de producto.

A continuación se presenta un diagrama de flujo de éste permeador.



F I G U R A 6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PERMEADOR DE FIBRA HUECA

## VARIABLES EN EL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

Los sistemas de ósmosis inversa tienen un funcionamiento básico sustentado en las variables de pH, salinidad, presión y gasto volumétrico que determinarán la conversión y el paso de sales de la membrana.

Cada variable mencionada tiene una función determinante en la vida media útil de las membranas. Para observar el efecto de cada variable suponemos sistemas ideales.

### a) pH

Si el grado de acidez baja de 4.5 por un tiempo considerable, la membrana sufrirá una pérdida de agua en su

estructura molecular (deshidratación) dando como resultado una desintegración parcial ó total de su capacidad.

b) Salinidad

Un sistema de membranas B-9 desala agua que contenga hasta 10,000 ppm de sólidos disueltos, pero se alimenta normalmente, con agua de 1,500 ppm. En caso de que la membrana sufra un aumento notorio en su concentración, bajarán la conversión y la eficiencia.

c) Presión

El sistema debe de operar en un rango de presión de 350-400 lb/pulg<sup>2</sup>. Si opera a un rango menor que éste se tendrá una baja en la conversión y en la eficiencia. Si por el contrario, se opera a una presión más alta de la recomendada, se tendrá mayor conversión y eficiencia, pero bajará notablemente la vida media útil de la membrana.

d) Gasto Volumétrico

Un sistema de ósmosis inversa que opera normalmente con una deficiencia en el gasto volumétrico de la alimentación, tendrá una gran incrustación en todas las membranas que acortará la vida útil de las mismas.

e) Conversión (Recuperación)

Este término se refiere al porcentaje de agua de alimentación que se convierte en agua producto. Se obtiene

dividiendo la capacidad de agua producto entre la cantidad de agua de alimentación. Generalmente las conversiones varían entre un 50-75 %.

$$Y = Q_p / Q_a$$

Donde:

Y = % de conversión

Q<sub>p</sub> = Flujo de agua producto

Q<sub>a</sub> = Flujo de agua de alimentación

f) Paso de sales

Una membrana no es totalmente impermeable al paso de las sales y siempre habrá cierta cantidad de materiales disueltos que pasarán a través de ella. La cantidad de estos materiales se conoce como "paso de sal" y se define como el porcentaje de la sal en el agua de alimentación que pasa con el agua producto.

$$\% \text{ PS} = C_p / C_a \times 100$$

Donde:

% PS = % de paso de sal

C<sub>p</sub> = Concentración de sales en el producto

C<sub>a</sub> = Concentración de sales en la alimentación

Por lo tanto:

$$\% \text{ de rechazo de sales} = 100 - \% \text{ PS}$$

## 2 ASPECTOS COMPARATIVOS ENTRE LA OSMOSIS INVERSA Y OTROS PROCESOS DE DESALACION

---

Debido a la escasez de agua potable, el hombre se vió en la necesidad de buscar otras fuentes como el agua de mar o el agua salobre, la cual puede provenir de ríos ó lagunas, pozos, aguas tratadas, etc. El agua salobre es un importante recurso hidráulico para satisfacer las necesidades de las zonas urbanas, agrícolas, industriales y turísticas.

El primer proceso empleado fué el de condensación que dió lugar a sistemas más complejos como el de destilación por evaporación instantánea (multi-stage flash distillation o MSF). En la actualidad se emplean diferentes procesos que pueden clasificarse en Destilación, Intercambio Iónico, Electrodialisis y las que utilizan membranas como en el caso de la OSMOSIS INVERSA.

### a) INTERCAMBIO IONICO

El intercambio iónico emplea resinas naturales ó material en forma granular sintético para intercambiar un ión por otro. El nuevo ión es retenido por un período determinado y esto permite una regeneración de la solución.

El intercambio iónico es más conocido como un proceso de desmineralización y su costo es ideal para eliminar efi-

cientemente las sales inorgánicas que contienen las aguas de alimentación abajo de 500 mg/l (ppm) de sólidos totales disueltos (STD). El intercambio iónico es usado en sistemas domésticos a partir de agua suavizada para municipios e industrias desmineralizadoras que la requieren, por ejemplo:

- Calderas de alta presión
- Industrias electrónicas
- Procesos Químico-Farmacéuticos

El capital y los costos de operación en los sistemas de intercambio iónico se elevan significativamente cuando se incrementa la salinidad del agua de alimentación por lo que la frecuencia de regeneración tiene que aumentar y esto hace que se requiera más equipo.

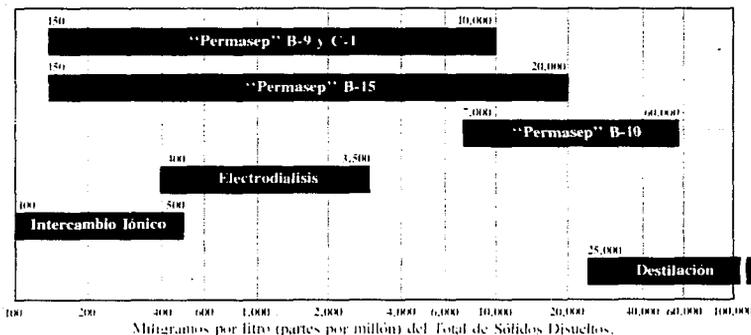
#### b) OSMOSIS INVERSA

La ósmosis inversa es una de las alternativas más económicas en la selección de los procesos existentes para desalar agua salobre ya que su operación es muy simple y prácticamente no requiere de mantenimiento. El costo de inversión es un poco mayor al de los otros procesos, sin embargo a la larga el proceso es más económico. La ósmosis inversa no involucra un cambio de fase, ahorrando así costos por suministro de energía.

Entre las ventajas principales que impactan los costos de un proceso en los de ósmosis inversa están:

- Consumo de Energía Eléctrica ----- Baja
- Energía Térmica ----- No requiere
- Consumo de sustancias químicas ---- Bajo
- Tiempo de Garantía ----- 3 Años
- Facilidades para Ampliación ----- Sistema modular
- Capacidad para Procesar Agua con  
alto contenido de STD -----10,000 a 36,000 ppm
- Personal de Operación y Mantenimiento ----- Mínimo
- Refacciones ----- Difícil Adquisición
- Herramientas especiales ----- Mínimas

A continuación se muestra una comparación entre los procesos descritos anteriormente para tratar agua con determinadas concentraciones de sólidos totales disueltos (6).



**FIGURA 4 RANGO NORMAL DE OPERACION DE TECNOLOGIAS DESALADORAS**

# 3 DISEÑO DE LA PLANTA

---

## PROYECCIONES

Para poder hacer un diseño correcto de una planta de ósmosis inversa es necesario correr unas proyecciones:

Las proyecciones son evaluaciones técnicas que proporcionan la siguiente información:

1. Determinan el potencial de incrustación de las sales solubles.
2. Predicen el número de membranas que se necesitan para alcanzar los requerimientos del agua producto.
3. Predicen la calidad del agua producto del sistema.

Para realizar las proyecciones se requiere de la siguiente información:

a) ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL AGUA que contenga los siguientes constituyentes expresados en mg/l ión ó mg/l  $\text{CaCO}_3$ :

$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Sr}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{CO}_3^{2-}$
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{PO}_3^-$
$\text{Na}^+$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{F}^-$	$\text{SiO}_2$
$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{CO}_2$

- b) pH DEL AGUA CRUDA
- c) TEMPERATURA MINIMA DE DISEÑO DEL AGUA DE ALIMENTACION
- d) TEMPERATURA MAXIMA DEL AGUA DE ALIMENTACION
- e) CAPACIDAD (de diseño) DE AGUA PRODUCTO
- f) % DE CONVERSION
- g) PRESION DE ALIMENTACION
- h) PRESION DE PRODUCTO

Antes de correr la proyección se debe checar la electronegatividad del análisis de agua, esto es la suma de cationes expresada como mg/l  $\text{CaCO}_3$  debe ser igual a la suma de aniones expresada en la misma unidad.

La desviación del balance se determina aplicando la siguiente fórmula empírica:

$$\text{Porcentaje de Desviación} = \frac{\text{cationes} - \text{aniones}}{\text{cationes} + \text{aniones}} \times 100$$

Si la desviación es mayor de  $\pm 10\%$  el análisis del agua se puede balancear adicionando  $\text{Na}^+$  en el caso de que los cationes estén bajos y  $\text{SO}_4^{2-}$  en el caso de que los aniones estén bajos (7).

La proyección que se corrió para este caso en particular es la siguiente:

Design Temp = 77.0 F ( 25.0 C)    Max Temp = 82.4 F ( 28.0 C)  
 Feed Pressure = 400.0 psi    Product Pressure = 10.0 psi  
 Overall Conversion = 50.0 %    Term = 26280. hr.  
 Plant Capacity Not Specified    Bal.Tube = 20.00 psi  
 Permeator Model 0410 ( 1400gpd)    Salt Passage = 6.0 %

LSI = -.02 ; H2SO4 = 45.01 ppm; = .75 lbs/kgals. Product  
 Max.Allow.Conv.: W/O Antiscalant with Approved Antiscalant  
                   CaSO4            74.3 %            85.9 %  
 Max.Allow.SiO2.Conv. : 93.9 %

St No.	Permeators Per Stage	Percent Conversion	Perm Press Drop (psi)	---Flow/Perm (lpm)---
				Feed    Brine    Product
1	1.0	50.0	8.0	5.9    2.9    2.9

Stage No.	MFRC	----Feed----	----Brine----	----Product---
		psi    m3pd	psi    m3pd	psi    m3pd
1	.758	400.0    8.4	392.0    4.2	10.0    4.2
Total				

Cations	Raw Feed as		Acid Feed as ppm		Brine as ppm		Product as ppm	
	ppm	CaCO3 ion	ion	CaCO3	ion	CaCO3	ion	CaCO3
Ca	350.0	140.3	350.0	278.6	695.2	1.9	4.8	
Mg	250.0	60.8	250.0	120.8	496.6	.8	3.4	
Na	443.0	203.7	443.0	394.3	857.7	13.0	28.3	
Total	1043.0	404.8	1043.0	793.7	2049.4	15.8	36.6	
Anions								
HCO3	128.0	98.0	80.3	177.5	145.4	18.6	15.2	
SO4	520.0	541.9	564.1	1076.4	1120.5	7.5	7.8	
Cl	395.0	280.1	395.0	550.7	776.4	9.6	13.6	
CO3	.0	2.1	3.6	4.3	7.1	.0	.0	
Total	1043.0	922.2	1043.0	1808.8	2049.4	35.7	36.6	

TDS ion	1349.8	1336.1	2620.3	51.9
SiO2 ppm	9.1	9.1	17.7	.5
CO2 ppm	1.3	43.3	43.3	43.3
pH	8.30	6.57	6.83	5.85
Osmotic pressure psi		9.8	18.7	.5
Equiv. NaCl, ppm		846.	1608.	40.

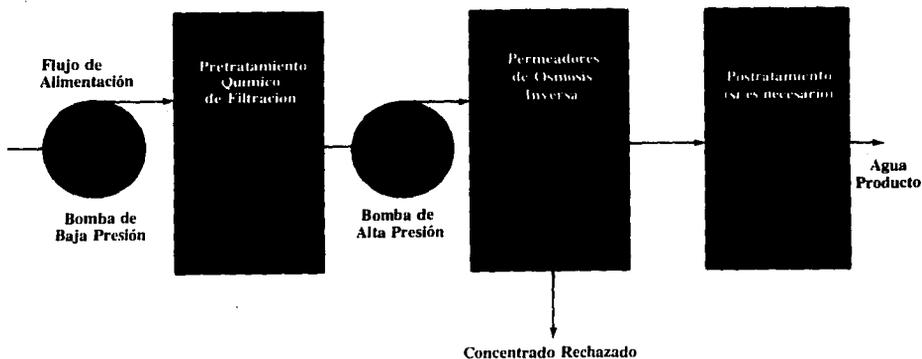
## EQUIPO DE UNA PLANTA DE UN PASO

La proyección que se corrió recomienda el diseño de una planta de un solo paso, cuyo equipo es el siguiente:

- Permeador
- Bomba de 1/4 HP para alimentar el agua
- Válvula de bloqueo para paro de la planta y mantenimiento
- Filtro de cartucho de 5 micras para retener partículas que puedan causar daños a la bomba de alta presión o causar taponamientos.
- Bomba de alta presión para el agua de alimentación
- Válvula de control de presión en la descarga de la bomba
- Switch de protección por alta presión ó válvula de relevo sobre la línea de alimentación para proteger el permeador
- Válvula de control de flujo en línea de rechazo para ajustar la conversión
- Medidores para medición de la relación producto rechazo
- Tanque elevado para lavado de permeadores con agua de bajos sólidos totales disueltos durante los paros
- Switch de paro por baja presión antes de la bomba para prevenir operaciones inadecuadas
- Manómetros para determinar la caída de presión, a través del filtro de cartucho y la presión de succión de la bomba, la presión de alimentación al permeador y la presión entre la alimentación y el rechazo y, finalmente la presión en la línea de producto
- Tomas de muestra en alimentación, rechazo y producto.
- Sistema de pretratamiento de agua cruda
- Sistema de postratamiento de agua producto

## DISTRIBUCION DEL EQUIPO

El siguiente esquema muestra la distribución del equipo:



**FIGURA 8** DIAGRAMA BASICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE OSMOSIS INVERSA

## 4 PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE ALIMENTACION

---

El pretratamiento correcto es la base fundamental de la planta de ósmosis inversa sobre la cual se soportan el diseño y la operación correcta.

En el caso del tipo de agua de alimentación en el lugar de experimentación se tiene que llevar un pretratamiento, dada la calidad del agua, que consiste en:

- Eliminación de basura mediante una malla
- Floculación con sulfato de aluminio
- Sedimentación por dos horas
- Filtración por filtro de arena
- Filtración por carbón activado

Esto se realiza con el fin de proteger al permeador, pues de lo contrario su vida útil se reduciría a unos cuantos meses.

La floculación con sulfato de aluminio, seguida por la sedimentación, tiene por objeto disminuir la carga de materia orgánica del agua cruda.

### FILTRACION POR CARBON ACTIVADO

El filtro de carbón activado tiene como actividad primordial la de remover todas las trazas de cloro que contenga el agua antes de entrar al sistema de ósmosis inversa debido a

que el cloro daña de una manera irreversible a la membrana. Además el carbón activado también tiene la habilidad de remover olores y sabores indeseables.

El carbón activado trabaja mediante el proceso de adsorción. En este proceso aparentemente se forma un enlace químico débil entre la superficie del adsorbente y la sustancia adsorbida.

Si se observa bajo el microscopio una partícula de carbón activado se encontrará que tiene una estructura similar a la de una esponja debido a los múltiples poros que presenta, lo cual le proporciona una gran área superficial (como ilustración, 40 libras de carbón activado granular tienen una superficie de 3100 acres). Esta extensa estructura porosa interna es la que le dá al carbón activado su habilidad de remover el cloro y los olores y sabores indeseables.

El carbón activado se fabrica a partir de una gran variedad de materias primas tales como madera, aserrín, lignita, cáscara de coco e inclusive subproductos como los residuos de los molinos de la pulpa de papel. El proceso de fabricación consiste en someter a la materia prima a temperaturas de 600 hasta 800°C, generalmente en un horno rotatorio bajo presión. Los productos de combustión tales como sustancias volátiles y algunos hidrocarburos se eliminan, lo cual le proporciona al gránulo de carbón su estructura distintiva.

Con este proceso se obtiene un producto granular, químicamente inerte, con un pH de 5-8 y una consistencia parecida a la del café molido. Este producto se pulveriza y pasa por una serie de mallas, lo cual especifica el tamaño de las partículas. Posteriormente se le da un lavado ácido, un enjuague, secado y se especifican sus características, tales como número de malla, número de yodo, número de azul de metileno, cenizas, área superficial, tamaño efectivo, absorción de cloro y volumen de poro. El número de yodo y de azul de metileno son los mg de sustancias removidos por un gramo de carbón activado.

La adsorción de cloro indica el número de galones de agua que contienen 20 ppm de cloro que pasarán a través de un tubo de 1" de diámetro y 12" de profundidad antes de que aparezcan 0.5ppm de cloro en el efluente.

Además de estas características la selección adecuada del carbón activado depende de los siguientes factores:

- 1) El tamaño de partícula debe ser el óptimo para maximizar la velocidad de adsorción de las moléculas que serán removidas.
- 2) Debe ser lo suficientemente duro para soportar el manejo hidráulico y mecánico.
- 3) Debe permitir velocidades adecuadas de retrolavado. El propósito de retrolavar la cama de carbón activado es de

aflojar a la cama de la cama de la compactación que produce el flujo del agua además de remover cualquier gas que se hubiera quedado en las partículas. Una segunda razón es rearmar los gránulos a fin de que no siempre estén los mismos gránulos en la porción superior de la cama (8).

## 5 POSTRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCTO

---

Después de haber pasado el agua por el pretratamiento y por el sistema de ósmosis inversa, el único postratamiento que se le dá es radiación con luz ultravioleta para asegurar su calidad microbiológica.

### DESINFECCION CON RADIACION ULTRAVIOLETA

El último paso para la total purificación del agua es la desinfección. La membrana del sistema de ósmosis inversa es muy cerrada e impide el paso de la mayor parte de los microorganismos que se pudieran encontrar en el agua, sin embargo para asegurar una óptima calidad de la misma, ésta debe estar libre de contaminación biológica.

El método que se escogió para este efecto es el de "Radiación Ultravioleta" (UV) debido a lo siguiente:

- 1) La radiación UV es altamente efectiva contra todos los microorganismos hídricos que comprenden bacterias, virus, algas, hongos y levaduras, como lo muestra la Tabla 1.
- 2) La radiación UV no afecta las propiedades químicas y físicas del agua.
- 3) No introduce sabores, colores o aromas extraños, por lo tanto no interfiere con las propiedades organolépticas del

refresco que se va a elaborar.

4) No emplea productos químicos que puedan interferir con la química del proceso.

5) El pH y la composición química del agua no sufren cambios.

6) Es un sistema de bajo costo de operación, de bajo costo de inversión, fácil de instalar y requiere de un mínimo mantenimiento (9).

<u>ORGANISMO HIDRICO PATOGENO AL HOMBRE</u>	<u>NOMBRE DE LA ENFERMEDAD QUE PRODUCE</u>	<u>EFFECTIVIDAD DE LA RADIACION UV</u>
A) BACTERIAS		
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre Tifoidea	99.9 %
<i>Salmonella enteriditis</i>	Gastroenteritis	99.9 %
<i>Shigella disenteriae</i>	Disentería	99.9 %
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	99.9 %
<i>Escherichia coli</i> <i>enteropatogena</i>	Gastroenteritis	99.9 %
<i>Leptospira icterhemorragiae</i>	Leptospirosis	99.9 %
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis	99.9 %
<i>Legionella pneumophila</i>	Enfermedad de los Legionarios	99.9 %
B) VIRUS		
Hepatitis A	Hepatitis Infecciosa	90.0 %
Polio	Poliomielitis	99.9 %
Enterovirus	Gastroenteritis	99.0 %

**T A B L A 1 E F E C T I V I D A D T I P I C A D E L A R A D I A C I O N U L T R A V I O L E T A**

Básicamente, la radiación  $\widehat{UV}$  elimina la contaminación biológica sin ningún efecto residual, proporcionando al fabricante un control completo sobre la calidad y composición del agua .

Se cree que el efecto desinfectante de la luz ultravioleta está asociado con su absorción por varios compuestos orgánicos de los organismos vivientes, dando como resultado el rompimiento de enlaces químicos provocando cambios bioquímicos mortales .

Los sistemas comerciales de radiación UV varían en su diseño. El sistema que se escogió para esta planta contiene la lámpara sellada en el interior de un tubo de cuarzo por medio del cual pasa el agua a tratar. El cuarzo es uno de los pocos materiales que son esencialmente transparentes a la luz UV a 253.7 nm. Debido a que el agua producto de ósmosis inversa tiene una turbidez extremadamente baja, la radiación UV es particularmente efectiva para desinfectarla.

El grado de desinfección es una función directa tanto del tiempo de exposición como de la intensidad.

La dosis de radiación UV se expresa como microwatt-seg por centímetro cuadrado ( $\mu W \cdot s/cm^2$ ). La dosis requerida para una desinfección efectiva varía dependiendo de los organismos, como se muestra en la Tabla 2 (10).

BACTERIAS	ENERGIA	LEVADURAS	ENERGIA
	Microwatt Segundos por cm <sup>2</sup>		Microwatt Segundos por cm <sup>2</sup>
<i>Bacillus anthracis</i>	8700	<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	13200
<i>Salmonella enteriditis</i>	7600	<i>Saccharomyces sp.</i>	17600
<i>B. Megatherium sp. vegetal</i>	2500	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13200
<i>B. Megatherium sp. esporas</i>	5200	<i>Brewers yeast</i>	6600
<i>Bacilo paratyphosus</i>	6100	<i>Bakers yeast</i>	8800
<i>Bacilo subtilis</i>	11000	<i>Common yeast</i>	13200
<i>Bacilo subtilis esporas</i>	22000		
<i>Clostridium tetani</i>	22000		
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	6500		
<i>Eberthella typosa</i>	4100	ESPORAS	
<i>Eschlerichia coli</i>	6600		
<i>Micrococcus candidus</i>	12300		
<i>Micrococcus sphaeroides</i>	15400	<i>Penicillium roqueforti</i>	26400
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	10000	<i>Penicillium expansum</i>	22000
<i>Neisseria catarrhalis</i>	8500	<i>Penicillium digitatum</i>	88000
<i>Phytomonas tumefaciens</i>	8500	<i>Aspergillus glaucus</i>	88000
<i>Proteus vulgaris</i>	6600	<i>Aspergillus flavus</i>	99000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10500	<i>Aspergillus niger</i>	330000
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	6600	<i>Rhizopus nigricans</i>	220000
<i>Salmonella typhimurium</i>	15200	<i>Mucor racemosus A</i>	35200
<i>Salmonella</i>	10000	<i>Mucor racemosus B</i>	35200
<i>Sarcina lutea</i>	26400	<i>Oospora lactis</i>	11000
<i>Serratia marcescens</i>	6160		
<i>Dysentery bacilli</i>	4200		
<i>Shigella paradysenteriae</i>	3400		
<i>Spirillum rubrum</i>	6160	VIRUS	
<i>Staphylococcus albus</i>	5720		
<i>Staphylococcus aureus</i>	6600	<i>Bacteriophage</i>	6600
<i>Streptococcus hemolyticus</i>	5500	<i>Tobacco mosaic</i>	440000
<i>Streptococcus lactis</i>	8800	<i>Influenza</i>	6600
<i>Streptococcus viridans</i>	3800		
		PROTOZOOS	
		<i>Paramecium</i>	200000
		<i>Nematode eggs</i>	92000
		<i>Chlorella vulgaris (Algae)</i>	22000

T A B L A 2 RADIACION DE ENERGIA ULTRAVIOLETA NECESARIA PARA DESTRUIR MICROORGANISMOS PATOGENOS EN EL AGUA

El sistema utilizado en este caso está diseñado para producir 40,000  $\mu\text{W-s/cm}^2$  y tiene una capacidad de 5m<sup>3</sup>/hr.

Un sistema UV tipo se diseña para producir una dosis en exceso de 30,000  $\mu\text{W-s/cm}^2$ .

Los sistemas comerciales de UV varían en su diseño. Algunos sistemas sellan la lámpara en el interior de un tubo de cuarzo y requieren que la lámpara esté inmersa en él.

## 6 COMPONENTES DEL REFresco

---

### AZUCAR

Los agentes edulcorantes son las sustancias que, al mezclarse con el sabor y los ácidos, proporcionan un gusto dulce al producto terminado. Además suministran cuerpo, que ayuda a transmitir el sabor y proporciona energía ó valor alimenticio a la bebida. El azúcar es uno de los edulcorantes mas utilizados en la industria para la preparación de casi todos los refrescos.

El azúcar comercial es 99% sacarosa pura, y casi no contiene humedad. Es soluble en agua, tiene un sabor dulce y un alto valor calórico (11).

Con el objeto de obtener un producto final de calidad uniforme, se prepara un jarabe estandar a partir de azúcar. Para que el jarabe tenga una buena calidad, el azúcar debe de cumplir con las siguientes especificaciones:

Apariencia	Polvo Granular
Color	Blanco
Olor	Libre de Melazas
Sabor	Libre de Melazas
Color del Jarabe	Máximo 40 RBU
Turbidez	Máximo 10 RBU
Cenizas Sulfatadas	Máximo 0.05%
Metales Pesados	Máximo 100 ppm
Humedad	Máximo 0.05%
Pureza	Mínimo 99.0%

El gusto, la apariencia, el olor y el sabor, son las características mediante las cuales los consumidores juzgan la calidad de los refrescos. Con el propósito de ganar la aceptación del producto y la confianza entre los consumidores, se debe de mantener rígida la calidad y la uniformidad de la bebida terminada.

Entre los principales ingredientes usados en la manufactura de refrescos están los sabores, colores, acidulantes, conservadores y aditivos, cuya descripción se detalla a continuación.

## **SABORIZANTES**

Los procedimientos mas adelantados para la elaboración de sabores, basados en conocimientos científicos y tecnológicos, son requeridos para garantizar al consumidor una alta calidad y uniformidad absoluta.

Para que un sabor sea aceptado comercialmente, debe ser soluble en agua, ó poder dispersarse. Los sabores usados en la preparación de refrescos son principalmente extractos alcohólicos, emulsiones, soluciones alcohólicas ó concentrados de frutas.

Un extracto es una solución en alcohol etílico con fuerza apropiada de los principios sávido y aromáticos derivados de una planta ó de partes de ella, con ó sin materia colorante. Los extractos alcohólicos se preparan mediante la percolación

de materiales finamente molidos con soluciones alcohólicas, ó mediante el lavado de aceites condimentantes que han sido obtenidos por presión ó destilación con una mezcla alcohol-agua dejando después que se separen los aceites. Ejemplos de extractos alcohólicos son el extracto de vainilla, uva, lima y limón. La cantidad de alcohol introducido en la bebida terminada con el uso de estos extractos es de 1/4 $\frac{1}{2}$  por volumen ó menos, dependiendo de la fuerza del extracto.

Las emulsiones se preparan emulsificando los aceites esenciales con goma arábica, mezclándolos con un jarabe espeso de azúcar, ó bien con glicerina, y posteriormente homogeneizando la mezcla. Ejemplos de esta clase de emulsiones son los sabores de naranja. Las emulsiones son turbias, no pueden ser translúcidas debido a que el material no está en solución sino en suspensión.

Algunos sabores como el de la frambuesa y la fresa, son solubles en soluciones diluidas de alcohol, y generalmente se preparan añadiendo los aceites al alcohol e incorporando agua para darles la dilución adecuada.

Los jugos de frutas pueden ser de fuerza simple ó concentrada. Los jugos de frutas de los cuales se ha eliminado gran parte de agua (mediante calor y vacío, ó bien por congelación y centrifugación), son llamados concentrados. Estos concen-

trados de frutas suministran una fuerza de sabor mayor que la que se encuentra en los jugos naturales, y cuando se reconstituyen a la fuerza de la bebida, producen el sabor natural. Existen tres formas de clasificar los sabores de imitación:

a) Los que contienen solamente compuestos químicos como agentes saborizantes.

b) Los que contienen sabores naturales de la fruta ó planta en particular además de sabores sintéticos.

c) Los que contienen sabores naturales además de sabores sintéticos diferentes al nativo de la fruta en cuestión.

Los compuestos químicos sintéticos se utilizan en la elaboración de sabores debido a que son económicos, uniformes y disponibles en formas más puras y de mayor fuerza que si fueran naturales; además de que ofrecen un medio ideal para obtener una nota de sabor individual de carácter uniforme y de fuerza controlable.

Los materiales a partir de los cuales se preparan las escencias varían, pero las escencias mismas son clasificadas generalmente como derivados de materias de origen natural, escencias compuestas y escencias sintéticas. Las escencias sintéticas son producidas por diversos métodos químicos, y en la actualidad existe una amplia variedad preparadas sintéticamente. Como ejemplos de sabores sintéticos de imitación

tenemos: aceite de manzana, aceite de plátano, aceite de cereza, aceite de frambuesa, aceite de pera, aceite de fresa y aceite de piña.

Además de los sabores, algunas industrias de refrescos utilizan otros ingredientes para mejorar el sabor y el aroma de sus productos como ejemplo, pequeñas cantidades de acetato de etilo ó butirato de amilo pueden ser empleadas para incrementar el aroma de las bebidas de uva.

Los extractos que contengan cuando menos 20% de alcohol, permanecerán estériles debido a la acción preservativa de éste. Ciertas soluciones acuosas y algunos concentrados son preservados por los ácidos naturales. La pasteurización como medio para proteger a los sabores contra la acción de los microorganismos es relativamente limitada debido a la acción destructora del calor sobre los sabores (12,13).

Los sabores pueden contener el ácido y el color necesarios para el producto terminado, ó bien éstos ingredientes se pueden añadir de acuerdo con la fórmula para la preparación del jarabe.

## COLORANTES

La necesidad de emplear colores artificiales en los refrescos surge a raíz de obtener la aceptación del consumidor, debido a que éste último espera que la bebida sea semejante en

apariciencia a la fruta ó planta a la que representa, y muchos de los sabores no poseen su propio color inherente. El uso de los colores, sin embargo, se limita a los tipos permitidos ó certificados.

Los colorantes usados en refrescos carbonatados y no carbonatados se clasifican en dos grupos:

I Color Caramelo

II Colores Certificados Alimenticios

El color caramelo es un color vegetal que se elabora quemando azúcar de maíz usualmente con un catalizador como las sales de amonio. El color caramelo les imparte a las bebidas su color característico que va desde el pardo oscuro hasta el pardo claro.

Los colores certificados para alimentos pertenecen a un grupo de tintes artificiales que son aprobados por la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA), y deben ser inocuos cuando se usan en alimentos.

Estos colores certificados son producidos por reacciones químicas, y en ocasiones son llamados colores de alquitrán de hulla. Cada color lleva dos nombres, el oficial usado por la Administración de Alimentos y Drogas, y el nombre comercial. De todos los colores permitidos por el gobierno norteamericano para ser usados en alimentos, solo estos cinco son reco-

mendados para su uso en refrescos:

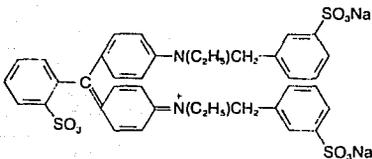
1. FD&C **AZUL No.1**

Sinónimo: Azul Brillante FCF [Brilliant Blue FCF]

Azul de Alimentos 2 (42090) CI [CI Food Blue 2 (42090)]

CAS Reg. No.: 2650-18-2

Estructura Química:



Fórmula Empírica: C<sub>37</sub>H<sub>34</sub>N<sub>2</sub>O<sub>9</sub>S<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>

Peso Molecular: 792.84

Clasificación del Tinte: Trifenilmetano

Obtención: Condensación del ac. benzaldehído-o-sulfónico con el ac. bencil-etilanilinsulfónico.

Características: Polvo de color bronce-púrpura usado solo en mezclas de colores. Mezclándolo con tartrazina se obtiene un color lima, con amaranto se obtienen los colores de la uva y con ambos se obtienen los tonos del color caramelo.

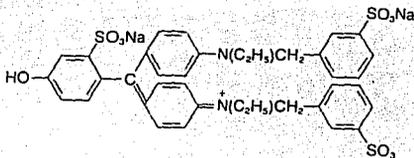
2. FD&C **VERDE No.3**

Sinónimo: Verde Rápido FCF [Fast Green FCF]

Verde de Alimentos 3 (42053) CI [CI Food Green 3 (42053)]

CAS Reg. No.: 2353-45-9

Estructura Química:



Fórmula Empírica:  $C_{37}H_{34}O_{10}N_2S_3Na_2$

Peso Molecular: 808.84

Clasificación del Tinte: Trifenilmetano

Obtención: Condensación del ac. p-hidroxibenzaldehído-o-sulfónico con el ac.  $\alpha$ -(N-etilanilin)-m-toluensulfónico.

Características: Polvo color rojizo ó pardo violeta usado con el mismo fin que el Azul No.1.

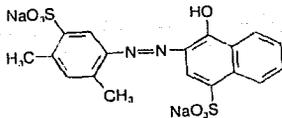
3. FD&C ROJO No. 4

Sinónimo: Ponceau SX

Rojos de Alimentos 1 (14700) CI [CI Food Red 1 (14700)]

CAS Reg. No.: 4548-53-2

Estructura Química:



Fórmula Empírica:  $C_{18}H_{14}N_2O_7S_2Na_2$

Peso Molecular: 480.42

Clasificación del tinte: Monoazo

Obtención: Reacción de Acoplamiento azo del ac. diazo-1-amino-2,4-dimetilbencen-5-sulfónico con el ac. 1-nafto-4-sulfónico.

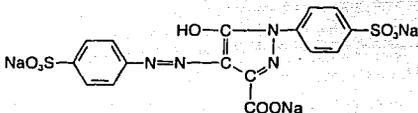
4. FD&C **AMARILLO No.5**

Sinónimo: Tartrazina

Amarillo de Alimentos 4 (19140) CI [CI Food Yellow]

CAS Reg. No.: 1934-21-0

Estructura Química:



Fórmula Empírica: C<sub>16</sub>H<sub>9</sub>N<sub>4</sub>O<sub>9</sub>S<sub>2</sub>Na<sub>3</sub>

Peso Molecular: 534.36

Clasificación del Tinte: Pirazolona

Obtención: a) Condensación del ac. fenilhidracin-p-sulfónico con éster oxalacético; reacción de acoplamiento azo de el producto con ac. diazosulfanílico y posteriormente hidrólisis del éster con hidróxido de sodio.  
b) Condensación del ácido fenilhidracin-p-sulfónico con el ac. dihidroxitartárico.

Características: Polvo anaranjado que se usa para obtener colores tipo limón, y mezclándolo con el colorante FD&C Azul No.1 produce el color lima.

5. FD&C **AMARILLO No.6**

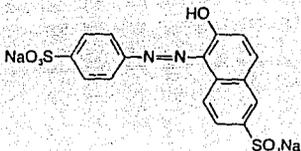
Sinónimo: Amarillo Atardecer (Sunset Yellow)

Amarillo de Alimentos 3 (13985) CI [CI Food Yellow 3]

CAS Reg. No.: 2783-94-0

Estructura Química:

Estructura Química:



Fórmula Empírica:  $C_{16}H_{10}N_2O_7S_2Na_2$

Peso Molecular: 452.36

Clasificación del Tinte: Monoazo

Obtención: Reacción de acoplamiento azo del ac. diazosulfaní-  
lico con el ac. 2-nafto-6-sulfónico.

Características: Polvo anaranjado que se usa en las bebidas de  
naranja.

Los materiales colorantes deben tener suficiente potencia colorante, estabilidad, sin gusto ú olor censurables, y estar excentos de contaminantes biológicos y químicos; deben de cumplir con las siguientes características:

- Debe ser seguro en los niveles en que se aplique y bajo las condiciones en que se use.
- No debe impartir ninguna propiedad al producto.
- Debe ser estable.
- No debe de reaccionar con ninguno de los productos ó envases en que se use.
- Debe de poder aplicarse fácilmente a los productos.
- Debe de ser económico.
- Debe de tener una fuerza de tinción alta.

Generalmente los colores secos se disuelven en agua y poste-

riormente esa solución se añade al jarabe. Las soluciones acuosas de los colorantes permiten el desarrollo de microorganismos, pero se pueden preservar mediante el uso de conservadores y de ácido cítrico (14,15).

## ACIDULANTES

Como ingredientes del refresco, el ácido es el tercero en importancia siguiendo al agua y el azúcar. La función del ácido en la bebida es:

- a) Agregar al sabor y al aroma una nota agria y ácida.
- b) Intensificar el sabor.
- c) Intensificar el propósito de aplacar la sed mediante el estímulo del flujo de saliva.
- d) Actuar como un conservador suave.
- e) Modificar lo dulce del azúcar hasta neutralizarlo y así resaltar el sabor asociado.

Así, el sabor característico de un refresco se desarrolla en parte por medio de la acidulación apropiada. La cantidad adecuada de ácido a utilizar en la bebida solamente se puede determinar por el sabor y el aroma; esto se resuelve con la ayuda de técnicos especialistas en sabor, y mediante la aplicación de pruebas organolépticas (16).

Todos los ácidos usados en las bebidas deben ser de grado alimenticio. Los ácidos más comunmente usados son: cítrico, fosfórico y tartárico. Cada uno posee la propiedad común de ser débil e inocuo al organismo humano, cuando se usa a las

concentraciones recomendadas.

## I Acido Cítrico

Este es el ácido mas utilizado en la industria refresquera. Su carácter ligeramente afrutado combina con la mayoría de los sabores frutales, sobre todo con los cítricos debido a que es un ingrediente de las frutas cítricas.

Comercialmente el ácido cítrico se obtiene recuperándolo del jugo de limón y de piña de bajo grado que no pueden ser usados para otros fines, aunque también se puede obtener a partir de las fermentaciones de mohos en soluciones de azúcar.

El ácido cítrico generalmente se produce en forma cristalina, ó en polvo, y es muy soluble en agua (16,17).

## II Acido Fosfórico

El ácido fosfórico es el acidulante más económico disponible, tanto por su fuerza como por su precio. Una solución de ácido fosfórico al 25% es aproximadamente equivalente a otra de ácido cítrico al 50%. Generalmente se le encuentra en el mercado como un líquido fuerte, denso y miscible con agua en cualquier proporción. Los grados comerciales de ácido fosfórico son de 75 y 85 por ciento.

El ácido fosfórico es universalmente usado en la producción de bebidas con cola. Su sabor es menos agrio en contraste

con el del ácido cítrico, y combina mejor que éste con bebidas que no sean derivadas de frutas (16,17).

### III Acido Tartárico

Anteriormente el ácido tartárico era más utilizado que el cítrico, sin embargo, en la actualidad solamente se le utiliza para acidular bebidas de uva ( de donde se obtuvo originalmente).

El ácido tartárico se obtiene como un producto derivado de la uva, en la producción de vino. Es ligeramente más ácido que el cítrico, y por lo general se emplean de la misma manera. La solución se prepara disolviendo cuatro libras de ácido seco en agua suficiente para acompletar a un galón.

Es importante considerar cuidadosamente la clase de ácido y la concentración para regular el sabor de la bebida (16,17).

## CONSERVADORES

La función de los conservadores es la de prevenir el deterioro causado por las bacterias y las enzimas que existen en diferentes grados en los productos alimenticios. No obstante, antes de que el uso de los conservadores sea efectivo, es necesario mantener escrupulosamente limpios los equipos, envases, tanques, etc., que tengan contacto con el producto.

La mayoría de los refrescos se encuentran satisfactoriamente conservados por el ácido que contienen. Cincuenta granos

(un grano equivale a 0.06 gramos) de ácido cítrico seco disueltos en un galón de una solución de azúcar al 10%, inhiben la fermentación.

### Benzoato de Sodio

El benzoato de sodio es muy usado como conservador en los refrescos que contienen jugos de frutas y en aquellos sin carbonatar ó con muy baja carbonatación.

El ácido benzóico y las sales de benzoato se encuentran de manera natural en muchas frutas, como por ejemplo en fram-buesas, ciruelas, pasas y arándanos.

Una solución de benzoato de sodio se prepara de la siguiente manera: Se disuelven dos libras de benzoato de sodio seco en suficiente agua para producir un galón de solución. Dieci-seis onzas de ésta solución contienen cuatro de benzoato de sodio seco, cantidad suficiente para conservar treinta y seis galones de refresco terminado. La acidez de cada producto en particular es muy importante. Conforme la acidez decrece, también decrece la fuerza del benzoato de sodio. Se requieren mayores concentraciones de benzoato para conservar soluciones con un pH mayor de 4.5. El benzoato de sodio no es dañino a la salud en concentraciones permisibles, ésto es 0.1% en soluciones con pH 4.5 ó menor (18,19).

## 7 PARTE EXPERIMENTAL

---

### ELABORACION DEL REFRESCO

Los sabores que se prepararon son:

- UVA
- NARANJA
- MANDARINA
- LIMON
- FRAMBUESA

### MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para la elaboración del refresco es la siguiente:

- AGUA
- AZUCAR
- COLORANTES Y SABORIZANTES
- ACIDO CITRICO
- BENZOATO DE SODIO

A continuación se describe la calidad que tiene cada uno de ellos.

#### AGUA

Como ya se mencionó con anterioridad, la calidad del agua es un factor determinante de la calidad final del producto. Debido a que el agua de Cancún es de muy mala calidad, tanto

fisicoquímica como microbiológicamente, ésta requiere de un pretratamiento antes de entrar a la planta de ósmosis inversa. Este pretratamiento consiste de lo siguiente:

#### **1.-ELIMINACION DE BASURA**

El agua se pasa a través de una malla de plástico para separar la basura que tiene como restos de hojas, lama, etc.

#### **2.-FLOCULACION**

Debido a la gran cantidad de materia orgánica que contiene el agua, ésta se flocula en tanques de 200 litros de capacidad. Esto se logra agregando al agua 200 ppm de sulfato de aluminio y 150 ppm de cloruro de calcio agitando vigorosamente durante un minuto y suavemente durante 15 minutos más, hasta que se vean formados los flóculos.

#### **3.-SEDIMENTACION**

Posteriormente se pasa el agua al tanque de sedimentación y se deja reposar el agua por dos horas.

#### **4.-FILTRACION EN CAMA DE ARENA**

Una vez sedimentada el agua pasa por un filtro de arena silica con el fin de eliminar cualquier impureza o restos de cal que hubiera quedado.

## 5.-FILTRACION EN CAMA DE CARBON ACTIVADO

El agua se debe de pasar por un filtro de carbón activado principalmente por dos razones:

- a) Para eliminar cualquier traza de cloro que contenga, debido a que éste compuesto daña de una manera irreversible a la membrana.
- b) Para eliminar la contaminación por " baba de bacteria" (slim bacteria).

Después de éste pretratamiento, el agua está lista para pasar al sistema de ósmosis inversa. Al salir de éste, pasa por una lámpara ultravioleta para esterilizarla. La calidad final del agua es la siguiente:

### ANALISIS FISICOQUIMICO

- STD	56.0
- SiO <sub>2</sub> ppm	0.5
- CO <sub>2</sub> ppm	43.3
- pH	7.1
- CATIONES: Ca <sup>2+</sup>	4.8 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Mg <sup>2+</sup>	3.4 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Na <sup>+</sup>	28.3 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
- ANIONES : HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15.2 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	7.8 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Cl <sup>-</sup>	13.6 mg/l como CaCO <sub>3</sub>

### ANALISIS MICROBIOLOGICO

- COLIFORMES TOTALES: 0 col/100 ml
- COLIFORMES FECALES: 0 col/100 ml

El diagrama de bloques de la elaboración del refresco queda como se muestra a continuación:

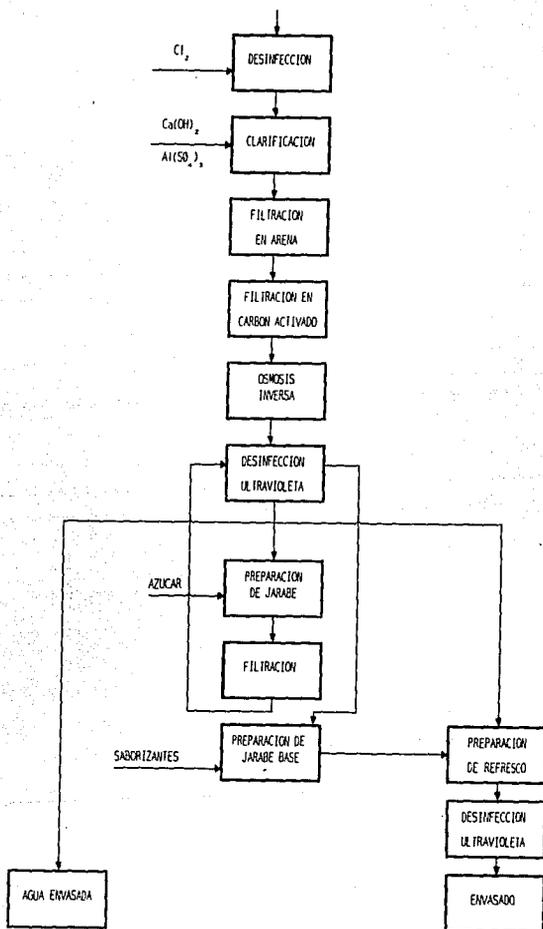


FIGURA 9 DIAGRAMA DE BLOQUES DE ELABORACION DEL REFresco

## AZUCAR

El azúcar que se emplea para elaborar el jarabe es blanca, refinada y de primera calidad. Las características que tiene son las siguientes:

### Sensoriales

- Color : Blanco
- Olor : Característico libre de melazas
- Sabor : Dulce característico libre de melazas
- Textura : Granular fina
- Apariencia : Polvo blanco

El azúcar produce un jarabe de las siguientes características:

### Microbiológicas

- Levaduras: 25 col/20 ml
- Hongos : 15 col/20 ml

### Sensoriales

- Color : Amarillo pálido
- Olor : Dulce característico
- Sabor : Dulce característico
- Apariencia : Líquido viscoso, transparente y de color amarillento

Como se puede observar, la calidad microbiológica del jarabe no es buena, sin embargo después de pasarlo por desinfección con radiación UV éste problema se soluciona, quedando con la siguiente calidad microbiológica:

- Levaduras: 0 col/20 ml
- Hongos : 0 col/20 ml

## COLORANTES Y SABORIZANTES

Los colorantes y saborizantes se adquieren en forma de un concentrado de la compañía " CONCENTRADOS Y ESCENCIAS NATURALES S.A. DE C.V. ". Las características de estos concentrados son las siguientes:

### MICROBIOLOGICAS

- Mesófilos aerobios : 10 col/ml
- Hongos : 0 col/20 ml
- Coliformes : 0 col/100 ml

### SENSORIALES

- Color: Característico de cada sabor
  - \* UVA : Morado intenso
  - \* NARANJA : Anaranjado intenso
  - \* MANDARINA: Anaranjado brillante
  - \* LIMON : Verde brillante
  - \* FRAMBUESA: Rojo oscuro
- Olor: Característico de cada sabor
  - \* UVA : Uva dulce
  - \* NARANJA : Naranja dulce
  - \* MANDARINA: Mandarina aromático
  - \* LIMON : Limón dulce
  - \* FRAMBUESA: Frambuesa aromática
- Apariencia: Característica de cada sabor
  - \* UVA : Líquido translúcido de color morado intenso
  - \* NARANJA : Líquido opaco y turbio de color anaranjado intenso
  - \* MANDARINA : Líquido turbio de color anaranjado brillante
  - \* LIMON : Líquido turbio de color verde brillante
  - \* FRAMBUESA : Líquido translúcido de color rojo oscuro

## RESULTADOS

---

A continuación se presentan los datos del reporte de operación de la planta de ósmosis inversa correspondientes al período de octubre/91 a diciembre/92. Estos datos son de vital importancia pues indican el estado de la membrana y el funcionamiento en general de la planta, así como la calidad del agua producto:

La conductividad expresada en micromohs/cm, nos proporciona una relación de los STD del agua producto.

La presión de rechazo, expresada en PSIG nos indica si existe algún taponamiento en la membrana o si ésta tiene algún problema físico.

El flujo, tanto de alimentación como de rechazo, nos indica que porcentaje del agua de alimentación se convierte en agua producto.

REPORTE DE OPERACION DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{mohs/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
05/10	1250	375	390	400	7	4.5	64
07/10	1250	375	390	400	7	4.5	64
08/10	1250	375	390	400	7	4.5	64
09/10	1200	375	390	400	7	4.5	64
10/10	1100	360	390	400	7	4.5	64
11/10	1300	380	390	400	7	4.5	64
12/10	1200	360	390	400	7	4.5	64
14/10	1100	365	390	400	7	4.5	64
15/10	1250	375	390	400	7	4.5	64
16/10	1350	385	390	400	7	4.5	64
17/10	1100	360	390	400	7	4.5	64
18/10	1100	360	390	400	7	4.5	64
19/10	1300	380	390	400	7	4.5	64
21/10	1200	365	390	400	7	4.5	64
22/10	1350	380	390	400	7	4.5	64
23/10	1250	370	390	400	7	4.5	64
24/10	1250	370	390	400	7	4.5	64
25/10	1200	370	390	400	7	4.5	64
26/10	1100	365	390	400	7	4.5	64
28/10	1150	360	390	400	7	4.5	64
29/10	1250	370	390	400	7	4.5	64
30/10	1300	380	390	400	7	4.5	64
31/10	1250	375	390	400	7	4.5	64
04/11	1250	375	390	400	7	4.5	64
05/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
06/11	1200	370	390	400	7	4.5	64
07/11	1300	380	390	400	7	4.5	64
08/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
09/11	1050	350	390	400	7	4.5	64
11/11	1250	375	390	400	7	4.5	64
12/11	1250	375	390	400	7	4.5	64
13/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
14/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
15/11	1300	380	390	400	7	4.5	64
16/11	1300	380	390	400	7	4.5	64

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{ohms/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
18/11	1200	365	390	400	7	4.5	64
19/11	1200	360	390	400	7	4.5	64
20/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
21/11	1300	380	390	400	7	4.5	64
22/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
23/11	1050	350	390	400	7	4.5	64
25/11	1350	385	390	400	7	4.5	64
26/11	1000	350	390	400	7	4.5	64
27/11	1250	365	390	400	7	4.5	64
28/11	1100	360	390	400	7	4.5	64
29/11	1200	370	390	400	7	4.5	64
30/11	1200	370	390	400	7	4.5	64
02/12	1200	370	390	400	7	4.5	64
03/12	1100	360	390	400	7	4.5	64
04/12	1000	350	390	400	7	4.5	64
05/12	1050	350	390	400	7	4.5	64
06/12	1050	350	390	400	7	4.5	64
07/12	1050	350	390	400	7	4.5	64
09/12	1050	350	390	400	7	4.5	64
10/12	1000	350	390	400	7	4.5	64
11/12	1100	360	390	400	7	4.5	64
12/12	1200	370	390	400	7	4.5	64
13/12	1250	370	390	400	7	4.5	64
14/12	1250	370	390	400	7	4.5	64
16/12	1300	380	390	400	7	4.5	64
17/12	1350	385	390	400	7	4.5	64
18/12	1350	385	390	400	7	4.5	64
19/12	1300	380	390	400	7	4.5	64
20/12	1300	380	390	400	7	4.5	64
21/12	1250	370	390	400	7	4.5	64
23/12	1000	350	390	400	7	4.5	64
26/12	1050	350	390	400	7	4.5	64
27/12	1300	380	390	400	7	4.5	64
28/12	1200	365	390	400	7	4.5	64
30/12	1250	365	390	400	7	4.5	64
02/01	1350	385	390	400	7	4.5	64
03/01	1250	365	390	400	7	4.5	64
04/01	1200	360	390	400	7	4.5	64
06/01	1350	385	390	400	7	4.5	64
07/01	1350	385	390	400	7	4.5	64
08/01	1350	385	390	400	7	4.5	64
09/01	1250	360	390	400	7	4.5	64
10/01	1000	350	390	400	7	4.5	64
11/01	1000	350	390	400	7	4.5	64

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{ohms/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
13/01	1050	350	390	400	7	4.5	64
14/01	1050	350	390	400	7	4.5	64
15/01	1000	350	390	400	7	4.5	64
16/01	1200	360	390	400	7	4.5	64
17/01	1250	365	390	400	7	4.5	64
18/01	1200	360	390	400	7	4.5	64
20/01	1200	360	390	400	7	4.5	64
21/01	1100	360	390	400	7	4.5	64
22/01	1250	370	390	400	7	4.5	64
23/01	1300	380	390	400	7	4.5	64
24/01	1100	360	390	400	7	4.5	64
25/01	1000	350	390	400	7	4.5	64
27/01	1000	350	390	400	7	4.5	64
28/01	1050	350	390	400	7	4.5	64
29/01	1100	360	390	400	7	4.5	64
30/01	1100	360	390	400	7	4.5	64
31/01	1100	360	390	400	7	4.5	64
01/02	1050	350	390	400	7	4.5	64
03/02	1050	350	390	400	7	4.5	64
04/02	1000	350	390	400	7	4.5	64
05/02	1100	360	390	400	7	4.5	64
06/02	1100	360	390	400	7	4.5	64
07/02	1000	350	390	400	7	4.5	64
08/02	1050	350	390	400	7	4.5	64
10/02	1100	360	390	400	7	4.5	64
11/02	1200	365	390	400	7	4.5	64
12/02	1250	365	390	400	7	4.5	64
13/02	1250	365	390	400	7	4.5	64
14/02	1200	365	390	400	7	4.5	64
15/02	1200	370	390	400	7	4.5	64
17/02	1200	370	390	400	7	4.5	64
18/02	1300	380	390	400	7	4.5	64
19/02	1350	385	390	400	7	4.5	64
20/02	1350	385	390	400	7	4.5	64
21/02	1350	385	390	400	7	4.5	64
22/02	1300	380	390	400	7	4.5	64
24/02	1300	380	390	400	7	4.5	64
25/02	1250	370	390	400	7	4.5	64
26/02	1000	350	390	400	7	4.5	64
27/02	1100	360	390	400	7	4.5	64
28/02	1050	350	390	400	7	4.5	64
29/02	1300	380	390	400	7	4.5	64
02/03	1200	365	390	400	7	4.5	64
03/03	1250	370	390	400	7	4.5	64
04/03	1250	370	390	400	7	4.5	64
05/03	1300	380	390	400	7	4.5	64
06/03	1350	385	390	400	7	4.5	64
07/03	1000	350	390	400	7	4.5	64

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{mohs/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
09/03	1250	365	390	400	7	4.5	64
10/03	1100	360	390	400	7	4.5	64
11/03	1100	360	390	400	7	4.5	64
12/03	1050	350	390	400	7	4.5	64
13/03	1300	380	390	400	7	4.5	64
14/03	1100	360	390	400	7	4.5	64
16/03	1200	365	390	400	7	4.5	64
17/03	1250	370	390	400	7	4.5	64
18/03	1250	370	390	400	7	4.5	64
19/03	1350	385	390	400	7	4.5	64
20/03	1050	350	390	400	7	4.5	64
21/03	1000	350	390	400	7	4.5	64
23/03	1000	350	390	400	7	4.5	64
24/03	1050	350	390	400	7	4.5	64
25/03	1200	365	390	400	7	4.5	64
26/03	1200	370	390	400	7	4.5	64
27/03	1350	385	390	400	7	4.5	64
28/03	1300	380	390	400	7	4.5	64
30/03	1300	380	390	400	7	4.5	64
31/03	1350	385	390	400	7	4.5	64
01/04	1300	380	390	400	7	4.5	64
02/04	1200	360	390	400	7	4.5	64
03/04	1250	365	390	400	7	4.5	64
04/04	1200	360	390	400	7	4.5	64
06/04	1200	360	390	400	7	4.5	64
07/04	1250	365	390	400	7	4.5	64
08/04	1050	350	390	400	7	4.5	64
09/04	1000	350	390	400	7	4.5	64
10/04	1200	365	390	400	7	4.5	64
11/04	1050	350	390	400	7	4.5	64
13/04	1000	350	390	400	7	4.5	64
14/04	1200	370	390	400	7	4.5	64
15/04	925	290	390	400	7	4.5	64
16/04	975	330	390	400	7	4.5	64
17/04	1000	350	390	400	7	4.5	64
18/04	980	345	390	400	7	4.5	64
20/04	925	290	390	400	7	4.5	64
21/04	925	290	390	400	7	4.5	64
22/04	970	330	390	400	7	4.5	64
23/04	975	330	390	400	7	4.5	64
24/04	920	285	390	400	7	4.5	64
25/04	950	315	390	400	7	4.5	64
27/04	975	330	390	400	7	4.5	64
28/04	975	330	390	400	7	4.5	64
29/04	950	315	390	400	7	4.5	64
30/04	920	285	390	400	7	4.5	64
01/05	925	290	390	400	7	4.5	64
02/05	950	315	390	400	7	4.5	64

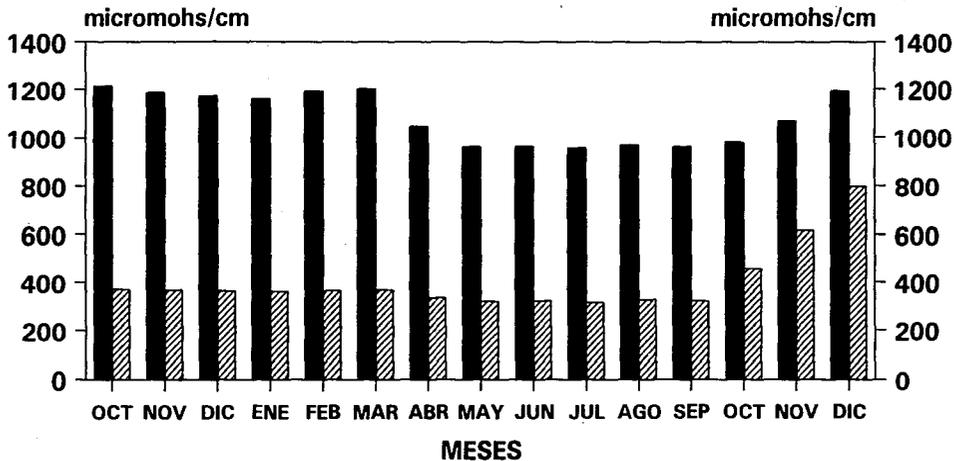
FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{mhos/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
04/05	920	285	390	400	7	4.5	64
05/05	925	290	390	400	7	4.5	64
06/05	950	315	390	400	7	4.5	64
07/05	950	315	390	400	7	4.5	64
08/05	975	330	390	400	7	4.5	64
09/05	925	290	390	400	7	4.5	64
11/05	975	330	390	400	7	4.5	64
12/05	980	345	390	400	7	4.5	64
13/05	980	345	390	400	7	4.5	64
14/05	975	330	390	400	7	4.5	64
15/05	975	330	390	400	7	4.5	64
16/05	980	345	390	400	7	4.5	64
18/05	925	290	390	400	7	4.5	64
19/05	970	325	390	400	7	4.5	64
20/05	950	315	390	400	7	4.5	64
21/05	970	325	390	400	7	4.5	64
22/05	970	325	390	400	7	4.5	64
23/05	980	345	390	400	7	4.5	64
25/05	980	345	390	400	7	4.5	64
26/05	975	330	390	400	7	4.5	64
27/05	980	345	390	400	7	4.5	64
28/05	950	315	390	400	7	4.5	64
29/05	925	290	390	400	7	4.5	64
30/05	975	330	390	400	7	4.5	64
01/06	950	315	390	400	7	4.5	64
02/06	950	315	390	400	7	4.5	64
03/06	970	325	390	400	7	4.5	64
04/06	975	330	390	400	7	4.5	64
05/06	925	290	390	400	7	4.5	64
06/06	950	315	390	400	7	4.5	64
08/06	950	315	390	400	7	4.5	64
09/06	950	315	390	400	7	4.5	64
10/06	950	315	390	400	7	4.5	64
11/06	980	345	390	400	7	4.5	64
12/06	925	290	390	400	7	4.5	64
13/06	980	345	390	400	7	4.5	64
15/06	975	330	390	400	7	4.5	64
16/06	975	330	390	400	7	4.5	64
17/06	980	345	390	400	7	4.5	64
18/06	975	330	390	400	7	4.5	64
19/06	975	330	390	400	7	4.5	64
20/06	980	345	390	400	7	4.5	64

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{mchs/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
22/06	950	315	390	400	7	4.5	64
23/06	975	330	390	400	7	4.5	64
24/06	975	330	390	400	7	4.5	64
25/06	980	345	390	400	7	4.5	64
26/06	950	315	390	400	7	4.5	64
27/06	950	315	390	400	7	4.5	64
29/06	975	330	390	400	7	4.5	64
30/06	925	290	390	400	7	4.5	64
01/07	925	290	390	400	7	4.5	64
02/07	950	315	390	400	7	4.5	64
03/07	925	290	390	400	7	4.5	64
04/07	975	330	390	400	7	4.5	64
06/07	980	345	390	400	7	4.5	64
08/07	980	345	390	400	7	4.5	64
09/07	980	345	390	400	7	4.5	64
10/07	975	330	390	400	7	4.5	64
11/07	950	315	390	400	7	4.5	64
12/07	950	315	390	400	7	4.5	64
13/07	925	290	390	400	7	4.5	64
14/07	925	290	390	400	7	4.5	64
15/07	950	315	390	400	7	4.5	64
16/07	975	330	390	400	7	4.5	64
17/07	975	330	390	400	7	4.5	64
18/07	950	315	390	400	7	4.5	64
20/07	925	290	390	400	7	4.5	64
21/07	980	345	390	400	7	4.5	64
22/07	925	290	390	400	7	4.5	64
23/07	925	290	390	400	7	4.5	64
24/07	950	315	390	400	7	4.5	64
25/07	975	330	390	400	7	4.5	64
27/07	975	330	390	400	7	4.5	64
28/07	950	315	390	400	7	4.5	64
29/07	975	330	390	400	7	4.5	64
30/07	950	315	390	400	7	4.5	64
31/07	950	315	390	400	7	4.5	64
01/08	975	330	390	400	7	4.5	64
03/08	980	345	390	400	7	4.5	64
04/08	980	345	390	400	7	4.5	64
05/08	975	330	390	400	7	4.5	64
06/08	970	325	390	400	7	4.5	64
07/08	975	330	390	400	7	4.5	64
08/08	980	345	390	400	7	4.5	64
10/08	980	345	390	400	7	4.5	64
11/08	975	330	390	400	7	4.5	64
12/08	950	315	390	400	7	4.5	64
13/08	975	330	390	400	7	4.5	64
14/08	980	345	390	400	7	4.5	64
15/08	980	345	390	400	7	4.5	64

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{mohs/cm}$ )		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		% CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
17/08	980	345	390	400	7	4.5	64
18/08	975	330	390	400	7	4.5	64
19/08	975	330	390	400	7	4.5	64
20/08	950	315	390	400	7	4.5	64
21/08	925	290	390	400	7	4.5	64
22/08	925	290	390	400	7	4.5	64
24/08	950	315	390	400	7	4.5	64
25/08	950	315	390	400	7	4.5	64
26/08	975	330	390	400	7	4.5	64
27/08	975	330	390	400	7	4.5	64
28/08	950	315	390	400	7	4.5	64
29/08	975	330	390	400	7	4.5	64
31/08	975	330	390	400	7	4.5	64
01/09	975	330	390	400	7	4.5	64
02/09	975	330	390	400	7	4.5	64
03/09	975	330	390	400	7	4.5	64
04/09	925	290	390	400	7	4.5	64
05/09	925	290	390	400	7	4.5	64
07/09	925	290	390	400	7	4.5	64
08/09	950	315	390	400	7	4.5	64
09/09	975	330	390	400	7	4.5	64
10/09	970	330	390	400	7	4.5	64
11/09	980	345	390	400	7	4.5	64
12/09	980	345	390	400	7	4.5	64
14/09	950	315	390	400	7	4.5	64
15/09	980	345	390	400	7	4.5	64
16/09	950	315	390	400	7	4.5	64
17/09	950	315	390	400	7	4.5	64
18/09	980	345	390	400	7	4.5	64
19/09	980	345	390	400	7	4.5	64
21/09	975	330	390	400	7	4.5	64
22/09	950	315	390	400	7	4.5	64
23/09	950	315	390	400	7	4.5	64
24/09	925	290	390	400	7	4.5	64
25/09	950	315	390	400	7	4.5	64
26/09	975	330	390	400	7	4.5	64
28/09	975	330	390	400	7	4.5	64
29/09	975	330	390	400	7	4.5	64
30/09	950	315	390	400	7	4.5	64
01/10	950	315	390	400	7	4.5	64
02/10	950	315	390	400	7	4.5	64
03/10	950	350	390	400	7	4.2	60
05/10	925	310	390	400	7	4.2	60
06/10	925	310	390	400	7	4.2	60
07/10	925	315	390	400	7	4.2	60
08/10	950	360	390	400	7	4.2	60
09/10	950	365	390	400	7	4.2	60
10/10	975	410	390	400	7	4.2	60

FECHA	CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ ohs/cm)		PRESION (PSIG)		FLUJO (L/MIN)		CONVERSION
	ALIM	PROD	ALIM	RECH	ALIM	PROD	
12/10	975	425	390	400	7	4.2	60
13/10	980	510	390	400	7	4.0	57
14/10	980	510	390	400	7	4.0	57
15/10	1000	525	390	400	7	4.0	57
16/10	980	515	390	400	7	4.0	57
17/10	1000	530	390	400	7	4.0	57
19/10	1050	530	390	400	7	4.0	57
20/10	980	515	390	400	7	4.0	57
21/10	980	515	390	400	7	4.0	57
22/10	1050	535	390	400	7	4.0	57
23/10	1000	535	390	400	7	4.0	57
24/10	980	515	390	400	7	4.0	57
26/10	1050	535	390	400	7	4.0	57
27/10	985	520	390	400	7	4.0	57
28/10	975	510	390	400	7	4.0	57
29/10	980	515	390	400	7	3.7	52
30/10	980	515	390	400	7	3.7	52
31/10	1000	540	390	400	7	3.7	52
03/11	1000	540	390	400	7	3.7	52
04/11	1100	555	390	400	7	3.5	50
05/11	1050	555	390	400	7	3.5	50
06/11	1050	555	390	400	7	3.5	50
07/11	980	525	390	400	7	3.5	50
09/11	1000	545	390	400	7	3.5	50
10/11	975	510	390	400	7	3.5	50
11/11	1200	580	390	400	7	3.5	50
12/11	1150	575	390	400	7	3.2	45
13/11	975	515	390	400	7	3.0	42
14/11	980	525	390	400	7	3.0	42
16/11	980	610	390	400	7	2.7	38
17/11	980	615	390	400	7	2.7	38
18/11	1050	670	390	400	7	2.7	38
19/11	1000	670	390	400	7	2.7	38
20/11	1100	685	390	400	7	2.7	38
21/11	1350	700	390	400	7	2.7	38
22/11	1050	675	390	400	7	2.7	38
24/11	1200	680	390	400	7	2.4	34
25/11	1250	690	390	400	7	2.4	34
26/11	1050	680	390	400	7	2.4	34
27/11	1050	680	390	400	7	2.4	34
28/11	1100	710	390	400	7	1.8	25
30/11	1100	725	390	400	7	1.8	25
01/12	1200	770	390	400	7	1.8	25
02/12	1350	825	390	400	7	1.8	25
03/12	1350	830	390	400	7	1.8	25
04/12	1000	750	390	400	7	1.8	25
05/12	1050	810	390	400	7	1.8	25

# CONDUCTIVIDAD PROMEDIO



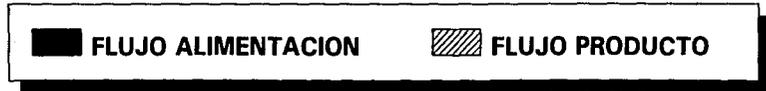
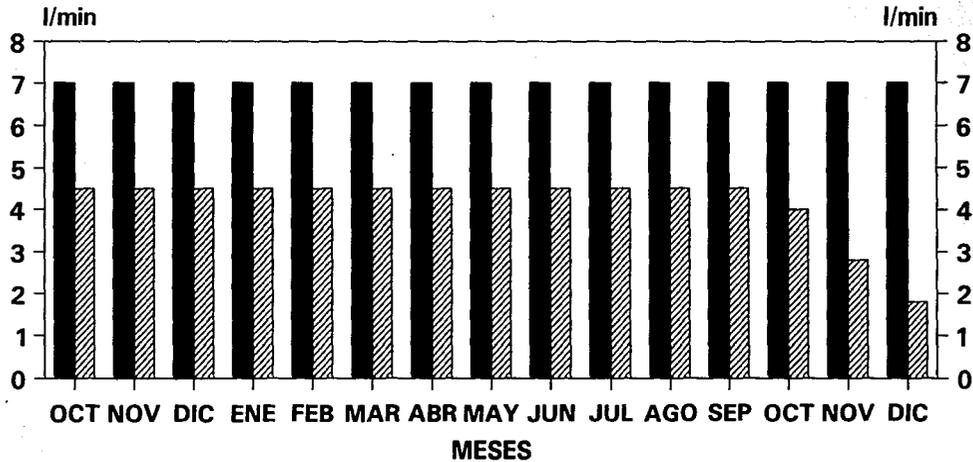
COND. ALIMENTACION



COND. PRODUCTO

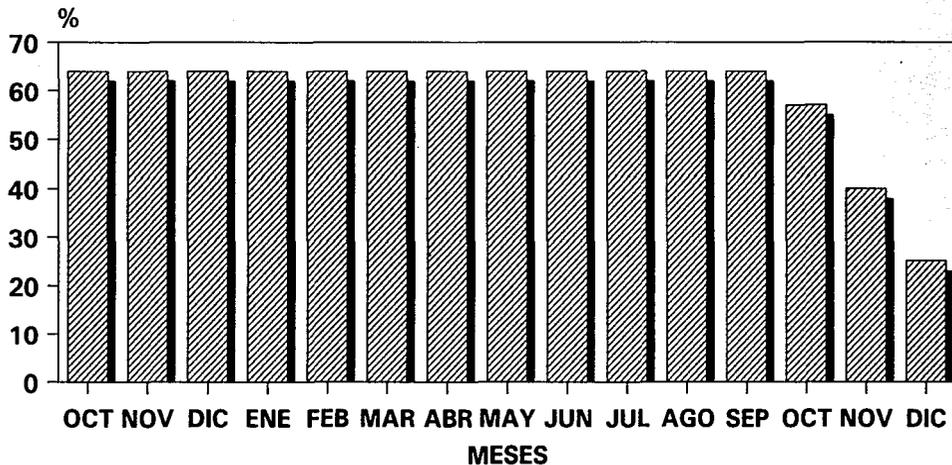
Gráfica 1 Conductividad mensual promedio  
(OCT-91 a DIC-92)

# FLUJO PROMEDIO



Grafica 2 Promedio mensual de  
flujo (OCT-91 a DIC-92)

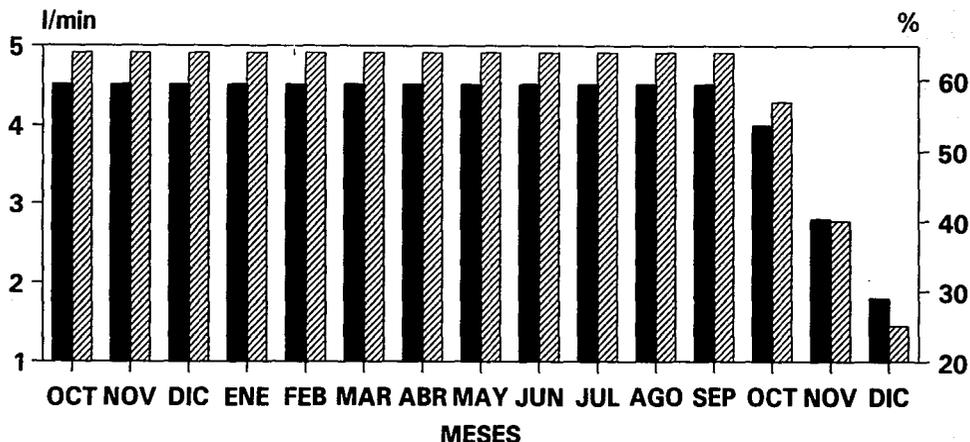
# PORCIENTO DE CONVERSION PROMEDIO



 % DE CONVERSION

**Grafica 3 Promedio mensual del porcentaje de conversión (OCT-91 a DIC-92)**

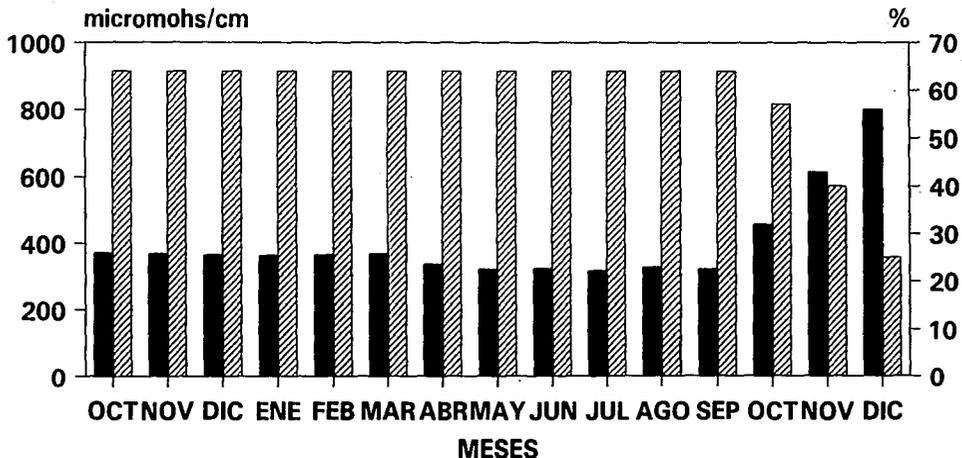
# FLUJO VS % DE CONVERSION PROMEDIO



■ FLUJO PRODUCTO      ▨ % DE CONVERSION

Grafica 4 Comparación del flujo  
producto y el porcentaje de conversión  
(OCT-91 a DIC-92).

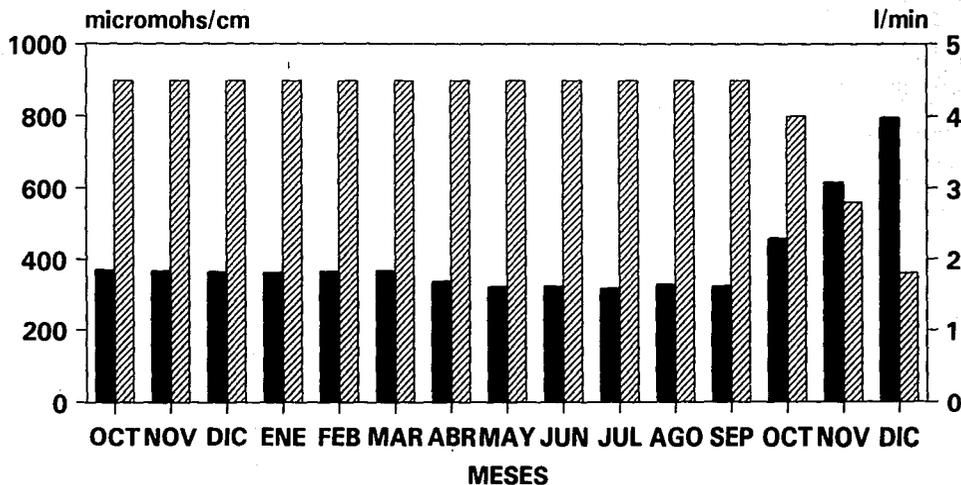
# CONDUCTIVIDAD VS % CONVERSION PROMEDIO



COND. PRODUCTO
  % DE CONVERSION

**Gráfica 5 Comparación de conductividad  
 producto contra % de conversión  
 (OCT-91 a DIC-92).**

# CONDUCTIVIDAD VS FLUJO PROMEDIO



Gráfica 6 Conductividad producto vs flujo producto (OCT-91 a DIC-92).

## ESPECIFICACION DE CONTROL DE CALIDAD

### A) FISICOQUIMICAS

Grado Brix	10 ± 0.1 °Bx
Acidez	0.160-0.21 g/100 ml como ac. cítrico
Conservador	dependiendo del sabor 235 ppm benzoato de sodio

### B) MICROBIOLÓGICAS

Mesófilos aerobios	15 col/ml
Levaduras	2 col/20 ml
Hongos	0 col/20 ml
Coliformes	0 col/100 ml

### C) SENSORIALES

- Color: Característico de cada sabor
  - \* UVA : Morado
  - \* NARANJA : Anaranjado
  - \* MANDARINA: Anaranjado brillante
  - \* LIMON : Verde brillante
  - \* FRAMBUESA: Rojo
  
- Olor : Característico de cada sabor
  - \* UVA : Uva dulce
  - \* NARANJA : Naranja dulce
  - \* MANDARINA: Mandarina aromático
  - \* LIMON : Limón dulce
  - \* FRAMBUESA: Frambuesa aromática
  
- Sabor: Característico de cada sabor
  - \* UVA : Uva dulce
  - \* NARANJA : Naranja dulce
  - \* MANDARINA: Mandarina aromático
  - \* LIMON : Limón dulce
  - \* FRAMBUESA: Frambuesa aromático
  
- Apariencia: Característica de cada sabor
  - \* UVA : Líquido translúcido de color morado
  - \* NARANJA : Líquido opaco y turbio de color anaranjado
  - \* MANDARINA: Líquido turbio de color anaranjado brillante
  - \* LIMON : Líquido turbio de color verde brillante
  - \* FRAMBUESA: Líquido translúcido de color rojo

## PREFERENCIA DEL PRODUCTO EN EL MERCADO

Con la finalidad de conocer la preferencia en el mercado del producto terminado se realizaron pruebas organolépticas de cada uno de los sabores en una población de 500 personas de diferente estrato social comparando éste producto ("AQUAFRUT"), contra otras marcas ya existentes en el mercado. Otra población de 250 personas de diferente estrato social fue escogida para determinar que sabores de la marca de AQUAFRUT tenían mayor preferencia. Los formatos utilizados para dichas pruebas organolépticas son los siguientes:

### PREFERENCIA DE MARCA

NO. \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

SUPERMANZANA: \_\_\_\_\_

SABOR: \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

### PREFERENCIA DE SABOR

NO. \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

SUPERMANZANA: \_\_\_\_\_

SABOR: \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

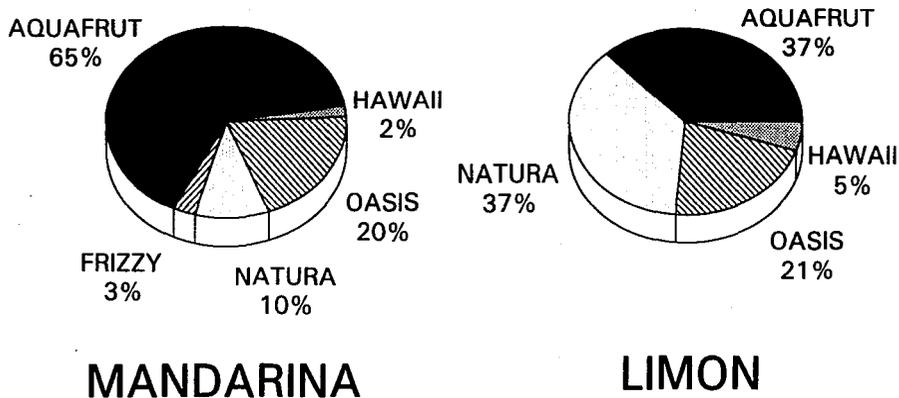
3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

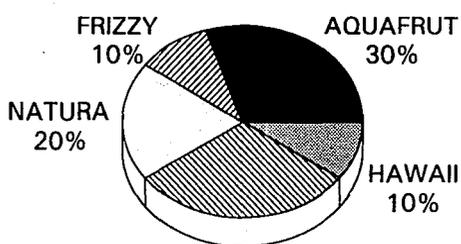
Los resultados se muestran en las siguientes gráficas:

# PREFERENCIA DEL PRODUCTO AQUAFRUT VS OTRAS MARCAS

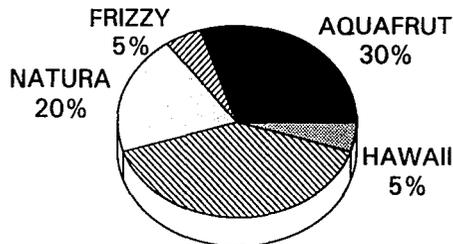


Gráfica 7 Preferencia de mandarina y limón

# PREFERENCIA DEL PRODUCTO AQUAFRUT VS OTRAS MARCAS



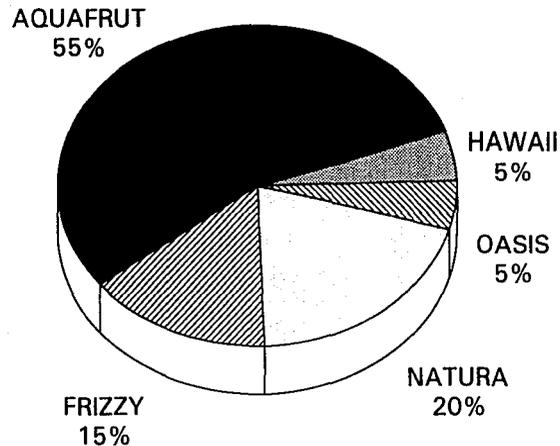
UVA



NARANJA

Gráfica 8 Preferencia de uva naranja.

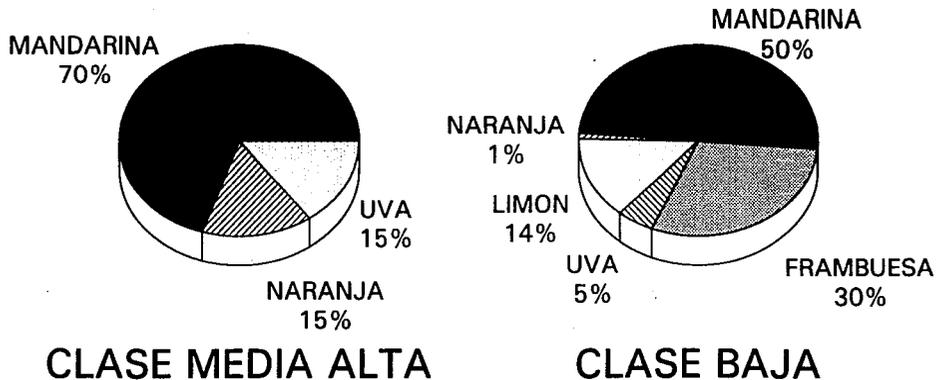
# PREFERENCIA DEL PRODUCTO AQUAFRUT VS OTRAS MARCAS



**FRAMBUESA**

Gráfica 9 Preferencia de frambuesa

# PREFERENCIA DE SABORES



Gráfica 10 Preferencia de los distintos sabores de acuerdo a la clase social

## ANALISIS DE RESULTADOS

Esta planta de ósmosis inversa está diseñada para producir 4 l/min de agua producto y dar un 60 % de conversión. La vida útil de la membrana debería de ser de 3 años, sin embargo, debido a la falta de un pretratamiento adecuado solamente fue de un año. El agua cruda contenía una gran cantidad de sales, más el cloruro de calcio que se añadía para la floculación, requería de adicionar un antiincrustante como hexametáfosfato de sodio (HMF) además de disminuir el pH.

Se deduce que la membrana sufrió un incrustación de carbonato de calcio y magnesio y una perforación debido a contaminación microbiológica, lo cual se puede observar en la gráfica 6, pues la incrustación causa una disminución del flujo de agua producto y la perforación causa un aumento de la conductividad.

Se observa claramente como se va deteriorando la membrana, primero lentamente y después casi de una manera exponencial. A partir del mes de octubre, empieza a aumentar la conductividad del agua producto y asimismo empieza a disminuir el flujo de agua producto, y esto trae como consecuencia que disminuya el % de conversión (GRAFICA 3).

Asimismo, también se observa en la GRAFICA 4 y en la GRAFICA 5, que estos factores están relacionados entre sí, puesto que en el mismo mes se nota que mientras el flujo de producto y el % de conversión disminuyen, la conductividad producto aumenta.

Es de vital importancia llevar un reporte de operación de la planta ya que éste nos indica como está funcionando y que calidad de agua producto podemos esperar.

Se observa que el refresco es de muy buena calidad, sin embargo, al envasarlo se contamina con microorganismos mesófilos aerobios y con levaduras, por lo que se debe poner más atención en éste punto, y probablemente cambiar de envase. De cualquier manera, todavía queda dentro de las normas de la Secretaría de Salud, la cual marca Máximo 20 col/ml de mesófilos aerobios y Máximo 10 col/ml de levaduras.

# CONCLUSIONES

---

- El realizar un tratamiento de ósmosis inversa al agua de la red municipal de la ciudad de Cancún, resuelve el problema en cuanto a calidad para poder elaborar refrescos.
- El refresco tuvo una excelente aceptación entre toda la población.
- El refresco cumple con las especificaciones requeridas por la Secretaría de Salud.

# BIBLIOGRAFIA

---

1. Woodroof, Jasper Guy  
BEVERAGES: CARBONATED AND NON CARBONATED  
Water For Beverages  
The Avi Publishing Company, Inc.  
West Port, Conneticut  
pag. 110-111
2. Potter, Norman  
LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS  
Editorial Edutex, S.A. 1988  
pag. 79-80
3. Badui D., Francisco  
QUIMICA DE LOS ALIMENTOS  
Editorial Alhambra 1986  
pag. 19-25
4. Cortez Béjar, Francisco; García L. de G., Liliana  
SOLUCION AL PROBLEMA DE ARSENICO EN AGUA DE LA COMARACA  
LAGUNERA  
Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y  
Ambiental  
Año 2 - 1989
5. DuPont/Polymer Products Department/Permasep Products  
TECHNICAL INFORMATION MANUAL  
Section I and II  
1987
6. DuPont/Polymer Products Department/Permasep Products  
REVERSE OSMOSIS WATER TREATMENT  
General Guide to Products and Properties  
1987
7. DuPont/Polymer Products Department/Permasep Products  
TECHNICAL INFORMATION MANUAL  
Section III  
1987
8. Woodroof, Jasper Guy  
BEVERAGES: CARBONATED AND NON CARBONATED  
Activated Carbon  
The Avi Publishing Company, Inc.  
West Port, Conneticut  
pag. 112-114

9. Applegate, Lynn E.  
POSTTREATMENT OF REVERSE OSMOSIS  
Product Waters  
Journal of American Water Works Association  
Vol. 78, No. 5  
May, 1986
10. Mans, Jack  
DESINFECCION DE AGUA CON LUZ ULTRAVIOLETA  
Publicación del Directorio de la Industria Mexicana  
de Bebidas  
Alfa Editores Técnicos, S.A.  
1989-1990
11. Zapata R., Juan  
MANUAL PRACTICO DE BEBIDAS PARA LA INDUSTRIA  
DE REFRESCOS  
Cap.2 Materiales Edulcorantes y Preparación  
de los Jarabes  
All Americas Publishers Service, Inc.  
Chicago, Illinois
12. Zapata R., Juan  
MANUAL PRACTICO DE BEBIDAS PARA LA INDUSTRIA  
DE REFRESCOS  
All Americas Publishers Service, Inc.  
Chicago, Illinois  
pag. 5-6
13. Woodroof, Jasper Guy  
BEVERAGES: CARBONATED AND NON CARBONATED  
West Port, Connecticut  
The Avi Publishing Company, Inc.  
pag. 132-135
14. Freyberg, Nicholas  
THE FOOD ADDITIVES BOOK  
New York Bantam Books, 1982  
pag. 6-17
15. Marmion M., Daniel  
HANDBOOK OF US COLORANTS FOR FOODS, DRUGS AND  
COSMETICS  
2<sup>nd</sup> Edition  
John Wiley & Sons, 1984  
pag. 35-90
16. Woodroof, Jasper Guy  
BEVERAGES: CARBONATED AND NON CARBONATED  
West Port, Connecticut  
The Avi Publishing Company, Inc.  
pag. 138-143

17. Zapata R., Juan  
MANUAL PRACTICO DE BEBIDAS PARA LA INDUSTRIA  
DE REFRESCOS  
Americas Publishers Service, Inc.  
Chicago, Illinois  
pag.8-9
18. Woodroof, Jasper Guy  
BEVERAGES: CARBONATED AND NON CARBONATED  
West Port, Conneticut  
The Avi Publishing Company, Inc.  
pag. 146
19. Zapata R., Juan  
MANUAL PRACTICO DE BEBIDAS PARA LA INDUSTRIA  
DE REFRESCOS  
Americas Publishers Service, Inc.  
Chicago, Illinois  
pag.9