

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

ESTUDIO COMPARATIVO DE MATERIALES METALICOS PARA LA CONSTRUCCION DE EQUIPOS DE DESALINACION

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a:

AGUSTIN VEGA ESQUIVEL

México, D. F.

1967



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 ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

Presidente: Rodolfo Corona de la V.

Vocal: Enrique Villareal D.

Secretario: Manuel F. Guerrero.

1er. Suplente: Esperanza Schroeder G.

2do. Suplente: Enrique Jiménez R.

Sitio donde se desarrolla el Tema: Laboratorio de Fisi-
coquímica de la Facultad de Química.

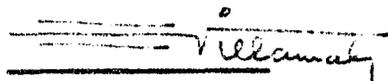
Nombre completo y firma del sustentante.

Agustín Vega Esquivel



Nombre completo y firma del asesor del tema:

Ing. Enrique Villareal Dominguez



A MIS PADRES Y HERMANOS.

A MI ESCUELA Y MAESTROS.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

Agradesco la valiosa dirección del I. Q. Enrique Villarreal Domínguez, la cual hizo posible la realización de este trabajo.

También agradezco la ayuda y apoyo brindado por la gerencia de los Laboratorios Pru y Veu S. A.

APENDICE.

I.-Introducción.

II.-Métodos más usuales en desalinación.

- 1).-Evaporación solar.
- 2).-Evaporación.
- 3).-Evaporación flash.
- 4).-Evaporación flash por recalentamiento de vapor (destilación).
- 5).-Evaporación por calentamiento con un fluido inmiscible.
- 6).-Purificación por extracción con solventes.
- 7).-Congelamiento por hidratación con propano.
- 8).-Congelamiento al vacío y compresión de vapor.
- 9).-Congelamiento directo con butano.
- 10).-Electrodialisis.
- 11).-Osmosis reversible.

III.-Equipos Unitarios.

IV.-Materiales específicos.

V.-Algunas características de materiales más empleados en equipos de desalinación.

VI.-Conclusión.

VII.-Bibliografía.

Anexo.

1.-INTRODUCCION.

Al tratar sobre el tema de desalinación lo hago con el mejor deseo de colaborar en algo a la solución del problema que se plantea con el crecimiento explosivo de la población mundial; este consiste en la necesidad imperiosa de fuentes suficientes de abastecimiento de agua pura.

Ya que solo el 0.8% del agua total que hay en la superficie terrestre está disponible actualmente para el uso de la humanidad, se tiene en el mar una fuente potencialmente inagotable para su futuro abastecimiento. Esta agua tal como se encuentra, no puede ser usada, ya que contiene un promedio de 3.5% de sales, las cuales imposibilitan su consumo.

Para poder disponer del agua de mar, es necesario tratarla para eliminar su contenido salino; el costo que implica este tratamiento es el que imposibilita su uso para todos los sectores de la población mundial, principalmente el sector campesino que no tiene la capacidad económica del industrial o el de las grandes metrópolis, es el que se ve privado de este privilegio.

Por eso, tanto en los principales centros de investigación como universidades de las principales ciudades en el mundo se efectúan trabajos tendientes a reducir el costo de desalinación. Al obtenerse un costo razonable en la obtención de agua, se podrán resolver problemas tales como el aprovechamiento de la mayor parte de las zonas actualmente áridas, las cuales constituyen más de 60% de los continentes; pudiendo ser desarrollada la agricultura, la industria y otras, las cuales darán alimento, fuentes de trabajo y más áreas habitables a futuras generaciones.

México, por su accidentada geografía y por su crecimiento de población tan intenso, es uno de los países que no puede cerrar los ojos a este problema, el cual puede hacer crisis en pocos años. Ya que actualmente el desarrollo está concentrado en el centro del país, esta zona tiende a sobrepobularse; para recibir esto, se necesita proveer de agua pura

a las vastas zonas desérticas o semidesérticas que se encuentran en el norte del país, principalmente en zonas cercanas a los Golfos de México y California.

El agua obtenida por desalinación, para que pueda ser usada por el hombre en sus diversas actividades debe contener una cantidad mínima de sólidos. Una agua con 500 ppm de sólidos puede considerarse buena, con 1000 ppm puede considerarse tolerable y una agua con 1500 a 2500 ppm es difícilmente tolerable; para la agricultura es necesario que contenga menos de 1500 ppm.

La composición aproximada del agua de mar es:

Especie iónica	Concentración en g mol/lit
H ₂ O	54.90000
Na ⁺	0.47015
Mg ⁺⁺	0.05357
Ca ⁺⁺	0.01024
K ⁺	0.00996
Sr ⁺⁺	0.00015
Cl ⁻	0.05483
SO ₄ ⁼⁼	0.02824
HCO ₃ ⁻	0.00234
Br ⁻	0.00083
F ⁻	0.00007
H ₃ BO ₃	0.00004

Como la composición puede variar con la zona geográfica se ha obtenido una relación empírica que da la salinidad total en función del término llamado clorinidad, que es la suma de contenido de cloro, bromo y yodo; todo expresado como ión cloro y es igual a:

$$\text{Salinidad} = 0.03 + 1.085 \times \text{Clorinidad}$$

Dentro de los métodos de desalinación más importantes usados hasta la fecha están: destilación, congelamiento, electrodiálisis y ósmosis reversible; los cuales pueden ser aplicables a casos específicos. Hay otros métodos que se han usado, pero solo pueden ser considerados como -

curiosidades de laboratorio, ya que resultan poco prácticos para ser aplicados en gran escala.

En cualquiera de estos métodos de desalinación es necesario considerar un gradiente de energía capaz de generar un potencial suficiente para efectuar la separación del agua de los iones salinos.

Las principales plantas que en la actualidad están funcionando en el mundo son:

Localización	Tipos de equipo	Capacidad
Aruba	Evaporador de tubos sumergidos	3500000 gpd
Kuwait	Evaporador de tubos sumergidos	3100000 "
	Evaporador flash	5100000 "
Qatar	Evaporador flash	1900000 "
Venezuela	Evaporador flash	1440000 "
Curazao	Evaporador flash	1700000 "
Nassau (Bahamas)	Evaporador flash	1400000 "
Taranto (Italia)	Evaporador flash	1200000 "
Freeport (Texas)	Evaporador de tubos largos v.	1000000 "
Roswell U. S.	Evaporador por compresión de v.	1000000 "
Eilat (Israel)	Evaporador flash	1000000 "
Chocolate Bayou (Texas)	Evaporador flash	900000 "
Isla Guernsey	Evaporador flash	600000 "
Islas Vírgenes	Evaporación flash	275000 "
	Evaporación flash	1000000 "
Kindley Bermuda	Evaporador por compresión de v.	225000 "
Buckeye Arizona	Electrodialisis	650000 "
Webster U. S.	Electrodialisis	250000 "
Kuwait	Electrodialisis	240000 "
Wrightsville Beach	Congelamiento directo	200000 "
Eilat (Israel)	Congelamiento directo	250000 "

Una posibilidad muy importante que se puede aprovechar para reducir el costo de purificación de agua de mar con los métodos actuales y futuros, es la selección adecuada de los

Materiales de que consta cada una de las partes de cada equipo, ya que el inciso de costo correspondiente a mantenimiento y reposición de partes gastadas en cualquier proceso representa una parte muy grande si los materiales de construcción no han sido seleccionados correctamente para poder resistir la corrosión que pueda producir las condiciones a que opere dicho equipo.

Ya que el agua de mar es uno de los medios más corrosivos que se encuentran en la naturaleza, quizá el mayor; ya sea por contacto directo o por efecto de la simple brisa marina por efecto de su alto contenido de iones cloro, el cual es extremadamente activo, capaz de generar fuertes corrosiones en diversos tipos de metales.

Para evitar o reducir el efecto del ión cloro en los equipos de desalinación, es necesario conocer primero las condiciones de operación de cada equipo, el tipo y cantidad de agentes químicos capaces de producir corrosión y la posible naturaleza de ésta. Una vez conocido esto, se podrán sugerir los diversos tipos de materiales o aleaciones más adecuadas para resistir el ataque, y así poder lograr mayor vida en las instalaciones de desalinación.

II.-MÉTODOS MÁS USUALES EN DESALINACION.

1.-Destilación.-

Es el proceso por medio del cual se separan uno o varios componentes de una mezcla líquida por evaporación de uno de ellos, el cual se separa posteriormente por condensación.

Dentro de este capítulo también incluiremos la evaporación, ya que no es más que la separación de agua de una solución salina.

La desalinación de agua de mar por medio de destilación se ha hecho en diversas formas y con diferentes tipos de equipo, todos ellos bajo el mismo principio enunciado arriba; en todos estos procesos nos encontraremos con ventajas y desventajas, dentro de las primeras nos encontramos:

- a).-Pueden manejarse grandes volúmenes de agua.
- b).-Puede ser aprovechada parte de la energía de gases de desperdicio de combustión, vapor de escape de máquinas, o cualquier otra fuente de energía capaz de suministrar el calor necesario para evaporar agua de la solución salina.

Dentro de las desventajas podemos incluir:

- a).-Alta inversión inicial.
- b).-Alto índice de corrosión, debido a que la solución salina es manejada a altas temperaturas.
- c).-Alto costo del equipo auxiliar (bombeo, controles de presión, etc.).
- d).-Hay mucha tendencia a la corrosión por incrustación de materiales tales como: MgO , CaCO_3 , CaSO_4 , etc., los cuales se precipitan sobre las paredes del equipo cuando se excede la concentración del límite de solubilidad de los mismos. Ya que por ejemplo el CaSO_4 tiene solubilidad inversa arriba de 38°C , siendo independiente del pH. En cambio, el $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y el CaCO_3 son fuertemente influenciados por el pH, ya que en medio ácido se disuelven y en medio alcalino se depositan sobre las paredes de transferencia de calor.

Los métodos más importantes que se pueden incluir dem-

tro de la destilación son:

A).-Evaporación solar.

B).-Evaporación.

C).-Evaporación flash.

D).-Evaporación por recalentamiento de vapor (destilación).

E).-Evaporación por transferencia de calor por contacto directo con un fluido inmiscible.

F).-Purificación por extracción con solventes.

A.-Evaporación solar.

Por ser el primer método que se efectuó y el que a diario se lleva a cabo tanto en mares, ríos, lagos, etc., tiene más que nada, un interés histórico pues su eficiencia es muy pequeña aún en equipos ideados expresamente para tratar de mejorar el rendimiento de este sistema.

Su principal ventaja es que la energía que se utiliza, no cuesta; pero no es práctico en muchos casos, ya que para lograr volúmenes considerables de agua se necesitan instalaciones que ocupen áreas muy grandes.

El sistema convencional consta de un tanque de bajo fondo, el cual tiene una alimentación de agua de mar, que puede ser continua o intermitente y está cubierto por una cubierta transparente, que deja pasar las radiaciones solares, produciendo la evaporación de parte del agua alimentada. Este vapor se condensa sobre la superficie transparente de donde fluye hacia los drenes colectores de agua.

Este proceso como ya se dijo antes, utiliza energía solar, la cual puede considerarse entre 1500 a 2000 BTU/ft², o sea, que el único costo de este tipo de plantas es el del equipo, ya que el de mantenimiento es prácticamente nulo.

Como la energía solar no es suficiente para alcanzar el punto de ebullición del agua, algunas veces se usan ventiladores que introducen corrientes de aire hacia el interior de la cámara de evaporación para poder arrastrar una mayor cantidad de agua hacia las paredes de condensación.

B.-Evaporación.

Hay muchos tipos de evaporadores, pero todos se basan en el mismo principio, el cual consiste en proporcionar a una solución salina la energía suficiente para evaporar parte del agua que contiene y condensar este vapor posteriormente, el cual quedará libre de sales.

El equipo más representativo de evaporación es el sistema denominado múltiple efecto, ya que aquí se trata de aprovechar al máximo los gradientes térmicos en todo el sistema; ya que el vapor generado en el primer sistema sirve como medio de calentamiento para el siguiente, repitiéndose así la misma operación para todos los efectos. Además, el vapor después de condensarse todavía es susceptible de ser aprovechado, intercambiando parte de su calor con la alimentación del sistema.

En el sistema antes mencionado es posible hacer una gran variedad de combinaciones, todas tendientes a que el costo sea mínimo.

Uno de los evaporadores más usados en sistemas de este tipo es el de tubos largos verticales debido a su alta eficiencia que de él se puede obtener.

C.-Evaporación Flash.

Se basa en sobrecalentar una solución salina y luego esprearla en un recipiente a baja presión. Con eso se logra una evaporación parcial del líquido, el vapor así logrado estará libre de sales y la solución que cae al fondo del recipiente será una salmuera que ha aumentado su concentración.

La principal ventaja de este método con respecto del anterior, es que el costo será menor debido a que aquí no hay paredes de transferencia de calor en el cuerpo de los evaporadores y solo las tenemos en el sobrecalentador de salmuera.

Este método puede ser considerado como una de las variaciones del sistema múltiple efecto mencionado antes.

Para que un método como este resulte conveniente llevarlo a la práctica, es necesario:

- a).-Disponer de energía calorífica barata (pudiendo provenir de gases de combustión o vapor de escape de maquinaria).
- b).-Disponer de energía eléctrica barata y abundante para que el funcionamiento del equipo auxiliar no sea costoso.

Otra forma de suministrar energía al sistema, es comprimiendo parte del vapor generado y posteriormente usarlo como medio de calentamiento en el sobrecalentador.

Este sistema permite una gran variabilidad y versatilidad en su operación; ya que se pueden manejar rangos muy amplios de alimentación con un mismo equipo.

El más importante sistema de este tipo está funcionando actualmente en Point Loma, cerca de San Diego Cal., el cual es un sistema de 36 evaporadores.

D.-Evaporación por recalentamiento de vapor.

Este método como el anterior minimiza las pérdidas de transferencia de calor, este método necesita de vapor recalentado, salmuera y agua fresca, todas ellas variables independientes dentro del sistema.

En este método, la salmuera de alimentación es precalentada con el calor que intercambia con la corriente de condensado del sistema, posteriormente es sobrecalentada y sometida a evaporación instantánea a través de todos los efectos, esta corriente de vapor va a encontrar otra de agua pura en sentido contrario, la cual debe alimentarse a la temperatura más baja posible; como este efecto está conectado por un espacio de vapor, si la salmuera está a alta presión, y esta excede a la presión de vapor del agua fría, puede considerarse una evaporación considerable del agua de la salmuera hacia el agua fría, el aire y los incondensables.

impiden que la evaporación sea 100% efectiva.

E.-Evaporación por transferencia de calor por contacto directo con un fluido inmiscible.

Este proceso es una variación del método flash, solo - que aquí se elimina el cambiador de calor que sirve para -- sobrecalentar la solución antes que entre al evaporador; en este método se usa para transferir energía calorífica al agua de mar un líquido orgánico insoluble en agua, efectuándose la transferencia de calor por contacto directo entre - el agua de mar y el líquido orgánico.

Las características principales de este proceso son:

- a).-La resistencia a la transferencia de calor es prácticamente nula.
- b).-El equipo es relativamente simple de diseñar.
- c).-Los problemas de corrosión son mínimos.
- d).-Como se trata de fluidos manejados en forma continua, - se logra mayor diferencia de temperatura y por lo tanto mayor gradiente de transferencia.

Entre las desventajas de este proceso se pueden nombrar:

- a).-Se necesitan procesar grandes volúmenes de agua para obtener una cantidad regular de producto puro, o sea, que la - eficiencia es baja.
- b).-Alto costo de bombeo.
- c).-Grandes recipientes de almacenamiento.

Las características principales del líquido calentador deben ser:

- a).-Su solubilidad en agua debe ser prácticamente nula.
- b).-Rápida y completa facilidad para desintegrar una posible emulsión.
- c).-Estabilidad química en contacto con el agua por lo menos a 250°F.
- d).-Alta capacidad calorífica.
- e).-Baja presión de vapor.
- f).-Baja viscosidad.

g).-No debe dejar ningún olor al agua de mar después de estar en contacto con ella.

h).-No debe ser tóxico.

i).-Bajo costo.

Algunos hidrocarburos saturados poseen estas características, pudiéndose usar como compuestos puros o mezclados con destilados o fracciones de petróleo de propiedades físicas semejantes.

Hay dos clases de hidrocarburos saturados, los naftenos de cadena larga cerrada y las parafinas de cadena abierta -- que pueden ser usados. Para propósitos prácticos los compuestos de este tipo deben ser completamente insolubles y sus emulsiones poco estables en agua, capaces de romperse por simple filtración, tampoco deben contener residuos sulfurados -- ni dejar coloradas las soluciones con que esté en contacto.

F.-Purificación por extracción con solventes.

La conversión de agua salada a pura, se logra por este método con una disminución de costos usando el sistema de -- transferencia líquido-líquido y posteriormente una separación por vaporización del solvente y condensación posterior de éste.

La extracción del agua de mar se hace por medio de propano líquido, haciéndolo fluir a contracorriente con el agua de mar, parte del agua se disolverá en el propano; la -- transferencia de masa, así como la de calor, se harán por -- contacto directo; esta última es casi nula, ya que el calor de vaporización del propano y el de disolución del agua son aproximadamente los mismos. Posteriormente, la mezcla hidrocarburo-agua, se somete a la vaporización del primero, el -- cual se recupera por condensación y se recircula al sistema.

El costo es reducido en este sistema debido a que no -- hay superficies de transferencia de calor, además el tamaño del equipo es más reducido con respecto de los métodos anteriores debido a la baja densidad del vapor del solvente, hay

corrosión en muy pequeña escala debido a que las temperaturas de operación son más bajas que en los procesos anteriores, por lo que el costo de mantenimiento será bajo.

La solubilidad del agua en solventes orgánicos es resultado de la atracción de la doble ligadura de hidrógeno entre el solvente y el agua, los solventes más usados en este sistema son: los derivados del propano y butano como los alquil-alcoholes, cetonas, aminas, etc., así como mezclas de ellos.

Para poder seleccionar el solvente más adecuado para este sistema es necesario conocer:

- a).-Su solubilidad en agua.
- b).-Costo de solvente.
- c).-Volatilidad.
- d).-pH en solución acuosa.
- e).-Facilidad para recuperarse.
- f).-Cambio de solubilidad con la temperatura.
- g).-Selectividad.

Los solventes que cambian poco su solubilidad con la temperatura, tienen ventajas, ya que se puede reducir el gasto de solvente recirculado.

Los solventes tipo amina pueden ser sugeridos para este tipo de procesos, ya que es fácil su recuperación, pero sus ventajas principales son:

- a).-Alto costo.
- b).-Alto pH en solución acuosa.

Otro tipo de solventes que pueden ser usados son: una mezcla de diisopropilamina- propano o una mezcla de alcohol butílico normal-propano, ambos tienen bien balanceadas las propiedades antes mencionadas para seleccionar el tipo de solvente más adecuado.

Para condiciones óptimas no ha sido seleccionado el solvente de mejores características.

2.-Congelamiento.

La solidificación del agua de mar va acompañada de la eliminación de la sal disueltas, ya que cuando esta agua de mar es enfriada hasta un punto crítico (este depende de la salinidad), se forman cristales de hielo puro, que pueden ser mecánicamente separados de la solución remanente.

Teóricamente este método tiene ventajas sobre los otros, ya que trabaja a bajas temperaturas y los problemas de corrosión son mínimos.

La formación de cristales en agua de mar es un fenómeno de formación de una nueva fase, que se efectúa en dos -- pasos: formación de núcleos y crecimiento de ellos.

La formación de núcleos puede deberse a:

- a).-Un ligero cambio físico o químico en el ambiente.
- b).-La influencia de núcleos ya formados.
- c).-Una vigorosa agitación.

Un cristal de hielo generalmente adopta el sistema hexagonal, en forma de dos pirámides triangulares juntas, las caras no siempre son simétricas, unas crecen más aprisa que otras, según los llamados hábitos del cristal. Una de las variables más importantes que rigen el crecimiento de los cristales es el movimiento de la solución en que se están formando, si están inmóviles crecerán más rápidamente por tener mayor facilidad de adicionarse material del exterior para su crecimiento, si están en movimiento sus núcleos, -- tendrán poca oportunidad de crecer rápidamente debido a que actúan en forma contraria a ello la fricción con otros núcleos y la del agua misma, perdiendo masa y energía necesarias para su rápido crecimiento.

Este método se basa en la formación de pequeños cristales de hielo dentro de una solución salina, estos como ya se dijo antes, se encuentran libres de sal, quedando la solución que los contiene concentrada en sal. Estos cristales -- se filtran mecánicamente y se lavan para eliminar de su---

perficie, la sal resamente que les queda adherida, éstos - posteriormente se funden, quedando así el agua purificada, esta se puede usar para preenfriar la alimentación al sistema.

Ventajas del proceso de congelamiento:

- a).-La transferencia de energía es una fracción de la que se usa en evaporación; ya que una libra de agua puede congelarse removiendo de ella 144 BTU, mientras que para evaporar una libra de agua se necesitan 970 BTU.
- b).-Como se opera a baja temperatura, los problemas de corrosión e incrustación son mínimos.
- c).-Son fáciles las operaciones posteriores de lavado y -- fundido del hielo de la calquera.

Dentro de este proceso de congelamiento hay tres métodos importantes:

- A).-Congelamiento por hidratación con propano.
- B).-Congelamiento al vacío y compresión de vapor.
- C).-Congelamiento directo con butano.

A).-Congelamiento por hidratación con propano.

Este método consiste en el aprovechamiento de un fenómeno químico la formación de un hidrato con un gas, el cual es económicamente competitivo con los procesos químicos comunes.

Lo primero que hay que hacer para emplear este método en algún proyecto es seleccionar el hidrato más fácil de formar y comercialmente competitivo con otros.

Por estudios preliminares de este proceso se ha llegado a la conclusión que el propano es el más adecuado, ya que en condiciones de temperatura y presión adecuada forma un hidrato con el agua, produciendo cristales con 17 moléculas de agua por 1 de propano, estos cristales se pueden lavar y fundir posteriormente.

El propano sirve en este método como formador de hi--

drato y aienza como agente directo de intercambio de calor.

El ahorro de energía usado en este método con respecto otros de congelamiento es apreciable, ya que aquí se opera arriba de la temperatura de congelamiento, por lo que sus ventajas son:

- a).-Menor enfriamiento del agua de mar, por lo que los cambiadores de calor serán más pequeños.
- b).-Más eficiencia en el ciclo de refrigeración secundario, lo cual resulta de compresiones más pequeñas y condensaciones a más bajos costos.

El ahorro de este método con respecto a los de congelamiento convencionales es de 26% en base a un mismo volumen de agua producida. Este método se ha experimentado solo en planta piloto.

B).-Congelamiento al vacío y compresión de vapor.

Este método está basado en un principio muy simple, y es que el punto de ebullición del agua varía directamente con la presión, pero el punto de congelamiento es independiente de ella.

Las principales ventajas de este método son:

- a).-Elimina el calor antes de entrar al congelador y reduce así el trabajo del mismo.
- b).-La alimentación al congelador ya lleva núcleos de hielo, pudiéndose así obtener cristales de gran tamaño.

El sistema consta principalmente de:

- a).-Un filtro por donde entra el agua al sistema, pasando posteriormente a un desareador para eliminar incondensables, ya que estos dificultan la transferencia de calor.
- b).-El agua desareada es bombeada a unos cambiadores de calor, donde intercambia calor con el producto, enfriándose.
- c).-El agua fría se introduce en un congelador a 3 mm. de Hg, a esta presión, parte del agua hierve y parte de ella se cristaliza en la salmuera concentrada.
- d).-Los cristales con salmuera se bombean a un recipiente de

fusión donde son lavados a contracorriente los cristales y posteriormente fundidos.

e).-La salmuera residual va hacia un cambiador de calor -- donde intercambia su calor con la salmuera que se alimenta al sistema.

f).-Los cristales de agua pura se separan mecánicamente en lavador.

g).-Los cristales posteriormente se ponen en contacto con el vapor de agua, fundiéndose estos, obteniéndose agua pura.

h).-Para compensar las pérdidas de energía, el compresor adiciona al sistema trabajo de compresión del gas.

c).-Congelamiento directo con butano.-

Este proceso se basa en la diferencia entre el calor latente de vaporización del butano (165 BTU/lb) y el calor latente de fusión del hielo (144 BTU/lb); o sea, que solo es necesario poner en contacto butano con agua de mar para que este se congele parcialmente.

La aplicación de este proceso depende de varios factores:

a).-Los cristales formados deben estar libres de sal.

b).-Los cristales deberán estar lavados con la mínima cantidad de agua pura.

c).-La congelación y la fusión pueden ser hechas con pequeñas diferencias de temperatura entre el butano y el agua o el hielo.

d).-El butano y el agua se pueden separar realmente por decantación, ya que no hay tendencia a la solubilidad entre ellos ni a formar emulsiones y hay considerable diferencia de densidad para poder separarse fácilmente por gravedad.

e).-La pérdida de butano debe ser baja.

f).-El butano debe ser barato.

Algunos de estos factores ya han sido establecidos firmemente, otros están sujetos a experimentación en el lugar donde se desee montar esta clase de plantas.

El residuo de aguas no congelados debe tener un máximo de 25% en concentración, ya que ese es el límite crítico para que los cristales queden libres de salmuera de acuerdo -- con el diagrama de fase de los dos componentes.

De acuerdo con las primeras placas experimentales puede decirse que:

- a).-El hielo producido a base de butano, puede lavarse casi sin sufrir fusión.
- b).-Una cama bien formada para el lavado del hielo puede producir una agua con menos de 500 ppm de sólidos con un simple lavado de 10 min.
- c).-La energía consumida es muy pequeña.
- d).-Los problemas de corrosión son mínimos, ya que se opera a baja presión y temperatura y no hay paredes de transferencia de calor, ya que se efectúa por contacto directo entre la salmuera y el butano líquido y no mediante los convencionales cambiadores de calor tubulares.

3.-Electrodialisis.

Es un proceso más barato que el de destilación aunque no tan efectivo, ya que se usa generalmente para reducir con centraciones salinas.

Es un proceso en el cual hay una separación parcial de componentes de una solución iónica, por medio de un transporte selectivo de ellos. En este método, el estado inherente de la alimentación no cambia a través de todo el proceso, por lo tanto esto implica una alta energía circulación varias veces superior a la teórica, debido a las pérdidas naturales de energía, ya que solo un 10% de ésta, es aplicada por el sistema para llevar a cabo la desalinación.

Este proceso está basado en el transporte selectivo de iones que contiene una corriente de agua salada, es un proceso lento y reversible.

Lo más importante en este proceso es tener las membranas capaces de seleccionar los iones de la solución y eliminarlos según su carga; estas membranas se colocan con su selectividad alternada, quedando entre ellas unas pequeñas secciones por donde fluye el agua; de esta manera, cada ión migra a su membrana correspondiente y así se logra desmineralizar el agua. Cada ión al lograr atravesar su membrana correspondiente, es arrastrado por una corriente que puede ser de agua de mar y que va hacia los deshechos del proceso.

Hay siempre una tendencia a eliminar el gradiente de concentraciones de una solución por difusión entre las paredes de la membrana, por eso, el proceso tiende a ser reversible si el potencial de la membrana no es suficiente, o si la corriente de drenaje tiene una alta concentración salina; también puede darse el caso que la membrana se polarice por efecto de bloqueo de la misma, debido a que el sistema alcance un límite de corriente crítica y que la permeabilidad de la membrana no sea suficiente para permitir el paso de la totalidad de los iones. Esto se puede evitar o reducir provocando turbulencias en las paredes de las membranas.

Las principales propiedades que debe tener una membrana para ser usada en electrodiálisis son:

- a).-Debe tener selectividad o sea, poder diferenciar iones de cargas opuestas.
- b).-Debe ser conductor de corriente.
- c).-Debe ser resistente al ataque químico a altas temperaturas (entre 60° y 100°C).
- d).-Debe tener un bajo número de transferencia de agua.
- e).-Alta resistencia a la oxidación.
- f).-Baja resistencia eléctrica.
- g).-Buena conductividad específica.
- h).-Debe tener alta resistencia al encogimiento cuando se seca y no variar sus dimensiones al volver a mojarse.

La energía necesaria para operar una celda de electro-

diálisis es varias veces superior a la teórica por varias razones:

- a).-Los sobrepotenciales de los electrodos.
- b).-La interferencia de las mismas membranas.
- c).-La energía perdida en forma de calor.
- d).-Las membranas son perfectamente selectivas.
- e).-Las corrientes parásitas de líquido.
- f).-La transferencia a agua a través de las membranas consume energía extra.
- g).-El H^+ y el OH^- participan en el transporte de corriente, consumiendo parte de ella.

4.-Osmosis reversible.

Este método se basa en un principio muy sencillo, y es el de hacer pasar por encima de su presión osmótica una solución salina a través de una membrana, entonces lo que sucede es que el agua atraviesa la membrana más aprisa que los iones salinos; la efectividad de este método está limitada por la porosidad de la membrana y el diámetro atómico de las partículas que se van a separar.

Este método se puede operar a temperatura ambiente, reduciéndose notablemente las incrustaciones y corrosión sobre el equipo. La única energía necesaria es la indispensable para mantener la presión suficiente sobre la membrana, ya que si se reduce, el proceso puede tener reversibilidad.

Las características de este método son:

- a).-Se consume una mínima energía termodinámica.
- b).-Es fácil variar las concentraciones entre la alimentación y el producto variando la diferencia de presiones entre las paredes de la membrana.
- c).-Un exceso de presión puede producir un flujo total a través de la membrana.
- d).-Es necesario mantener agitada la alimentación, ya que se requiere de poca concentración iónica para polarizar la membrana.

a).- Es necesario que la membrana presente una superficie - completamente lisa en contacto con la alimentación, ya que si tiene pequeños poros, por allí puede pasar fácilmente la solución salina, disminuyendo la eficiencia de la membrana.

El mecanismo de transporte a través de la membrana es complicado, pero principalmente está regido por la diferencia de potenciales químicos causados por la concentración - en cada lado de las paredes de la membrana.

Las principales teorías acerca de como se lleva a cabo el transporte a través de la membrana son:

- a).- Una membrana se supone que contiene capilares no sojados a través de los cuales pasa el solvente como gas.
- b).- Junto a la membrana se forman zonas de desalinación parcial debido a la tensión superficial y pasa el agua al otro lado debido a la diferencia de constantes dieléctricas entre los dos caras de la membrana.
- c).- La permeabilidad de la membrana ocurre en partes no cristalinas de ella, donde se adhieren las moléculas de agua por ligadura de hidrógeno y por capilaridad pasan al otro lado - de la membrana a través de las imperfecciones.

El problema de las membranas es que ocasionan una alta caída de presión.

La corrosión en el equipo puede hacer variar las propiedades de las membranas, por lo que es necesario prevenir perfectamente que esto no ocurra.

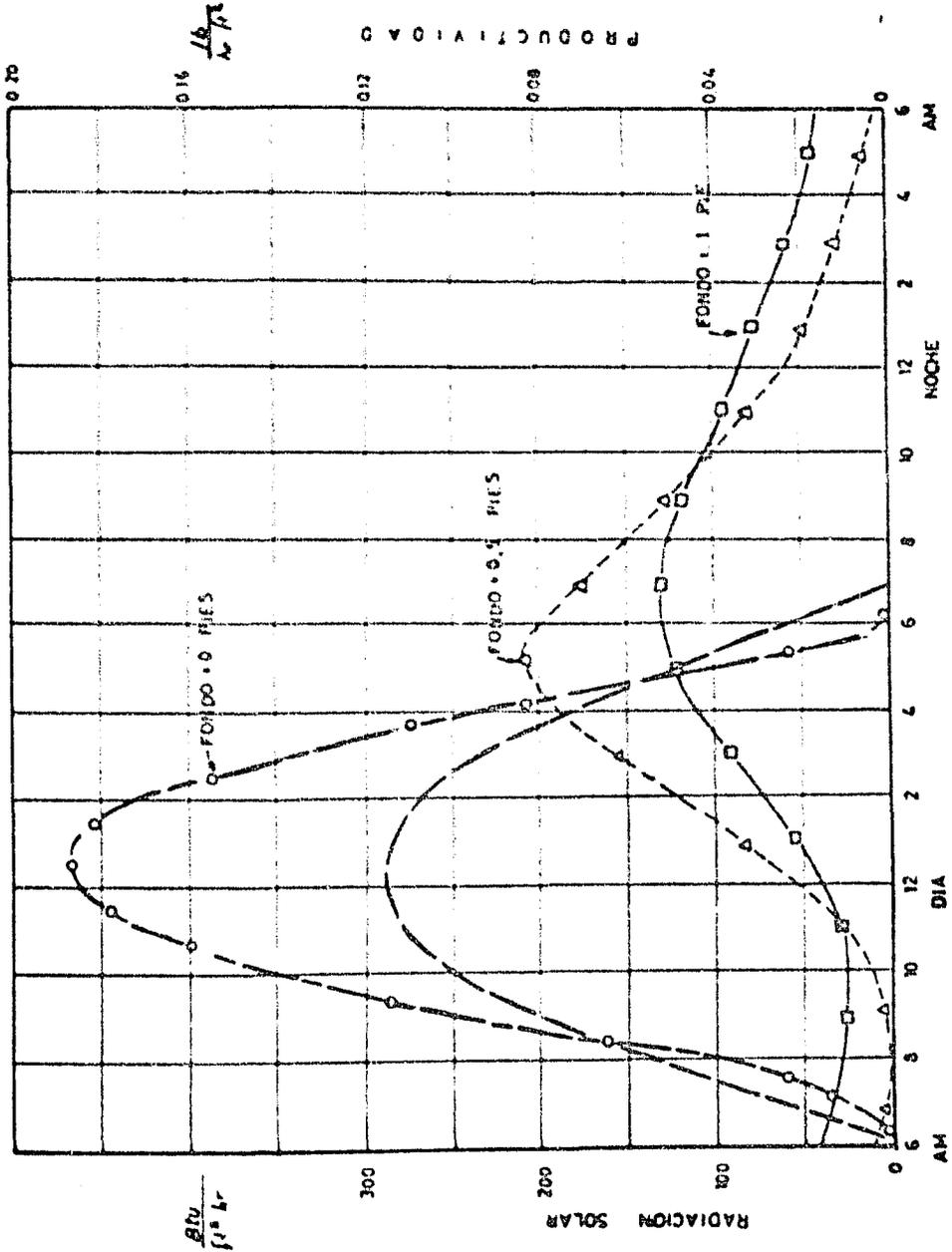
Este proceso es económico y termodinámicamente útil, ya que mientras que la energía consumida en otros métodos como destilación, evaporación, etc., es alrededor de 150 kwh/1000 galones de producto, en este método su eficiencia para este mismo volumen es de 16 a 32 kwh. Además es un equipo demasiado simple y su mantenimiento se reduce a tener en buen estado los sistemas de bombeo y presión.

III.-EQUIPOS UNITARIOS.-

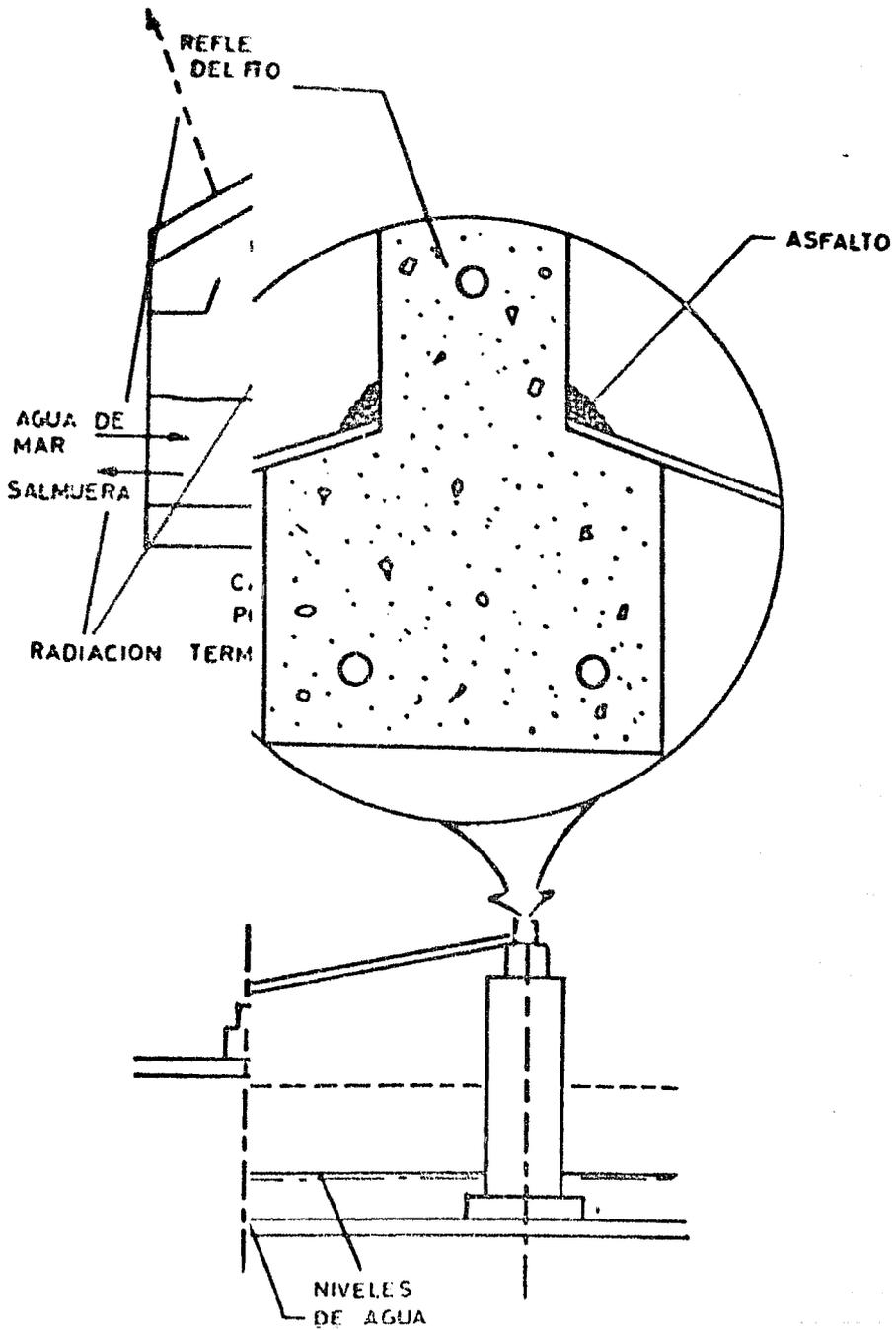
Este capítulo se desarrollará a base de diagramas de flujo, junto con la explicación general de algunos ejemplos de procesos descritos en el capítulo anterior.

Cada uno de los equipos por tratar puede estar sujeto a variaciones para una posible aplicación, dependiendo de las necesidades específicas de el lugar donde se piense llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza. El propósito -- principal es solo mostrar algo del equipo que se está usando o que se podría usar.

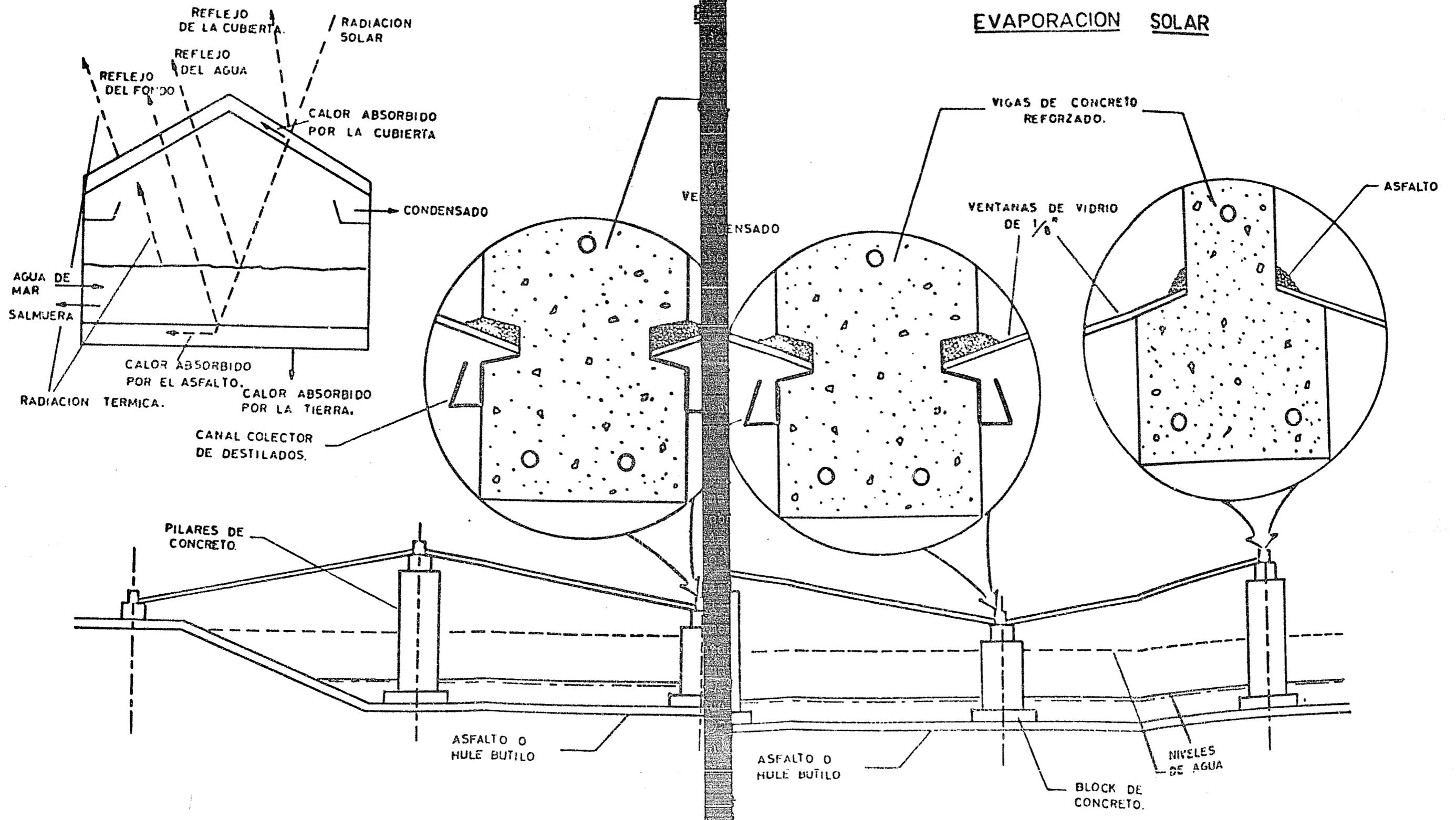
Este capítulo se desarrollará de acuerdo con el orden seguido en el capítulo anterior.



SOLAR



EVAPORACION SOLAR



Evaporación solar.-

Se efectúan en tanques o recipientes de grandes dimensiones y de bajo fondo, con unas cubiertas de vidrio u otro material protector de polvos o impurezas externas, debiendo permitir además, el paso de la radiación solar, que es la fuente de energía que se usa en este método.

Este proceso puede hacerse en forma continua o intermitente, siendo más común lo último.

La profundidad de estos tanques va desde 3cm. a 30cm. - variando su eficiencia de acuerdo con la gráfica adjunta.

Una de las causas de la baja eficiencia de estos sistemas es que la radiación que llega es solo una fracción de ella la que se aprovecha, ya que hay muchas pérdidas como son: la debida a la abrasión por la tierra, la absorbida por el asfalto del fondo, los reflejos de radiaciones de las superficies del agua y de la cubierta.

El proceso de evaporación de este sistema se basa en la transferencia de masa y energía de la salmuera caliente al aire, ya que la presión de vapor de la superficie del agua es mayor a la presión parcial en el aire, como además - absorbe calor sensible de la salmuera caliente, la densidad de la mezcla vapor-aire disminuye, tendiendo a ir a la parte superior del sistema para condensarse sobre la superficie fría de vidrio o plástico que está de cubierta; aquí, - el calor latente de condensación es absorbido, haciendo un trabajo similar a un condensador de vapor en un sistema normal de evaporación.

Las principales variables que rigen la eficiencia de este sistema son: temperatura de la salmuera, intensidad de radiación solar, temperatura del aire y en algunos casos, la temperatura de la cubierta; además de la temperatura del fondo, velocidad del viento y otras variables. Una ecuación empírica que da las libras de vapor generado por hora por pie cuadrado fué elaborada por Bloemer en 1963, en la Batte-

lle Memorial Institute de Daytona Beach:

$$D = (0.001 + 2.32 \times 10^{-12} T_b^{5.23}) (T_b - T_c)$$

T_b = temperatura de la superficie del agua.

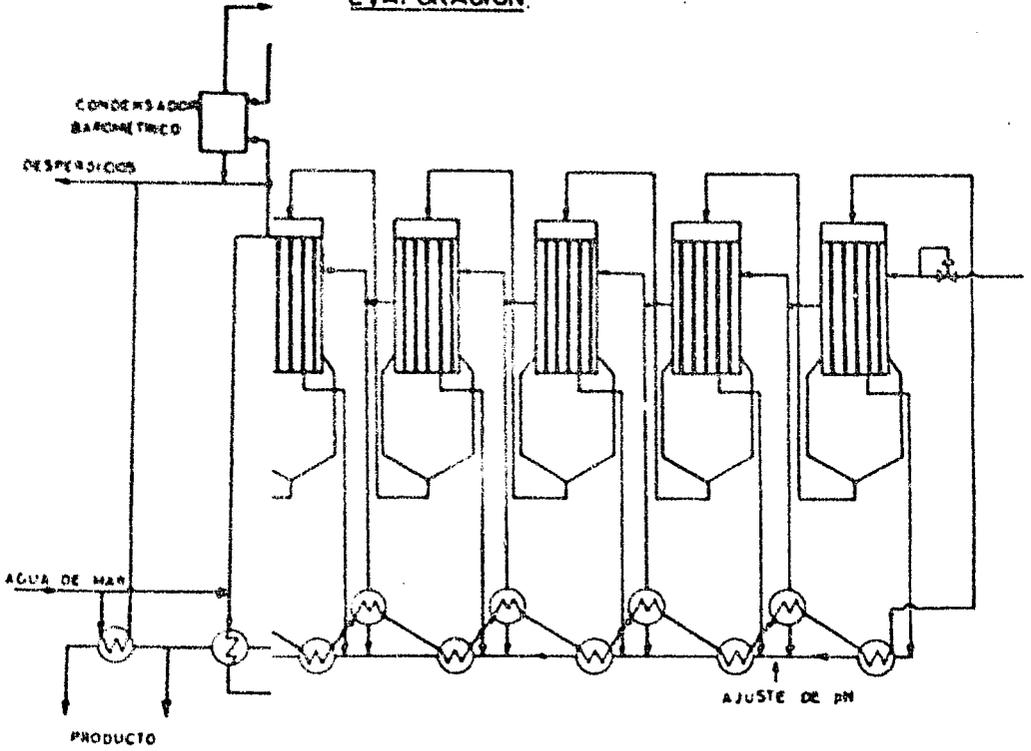
T_c = temperatura de la superficie de la cubierta.

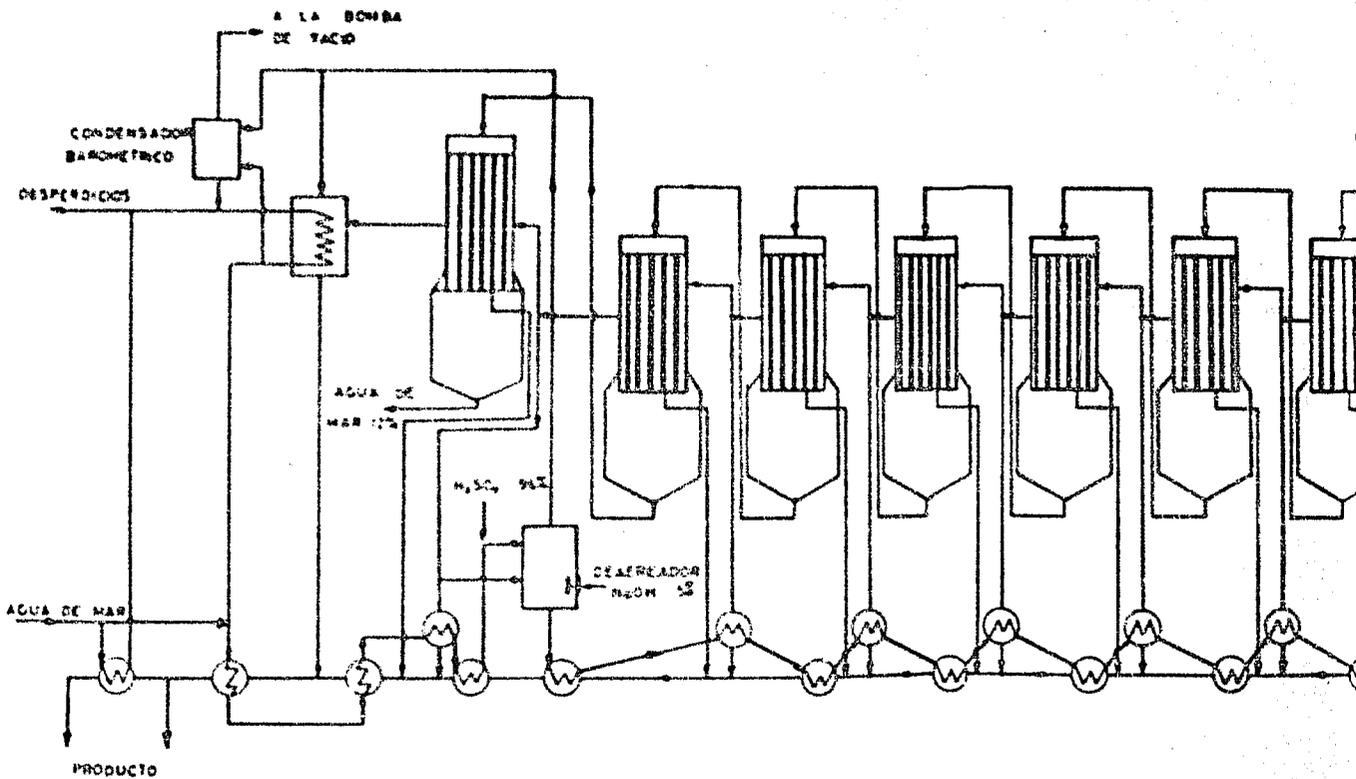
D = lb H_2O / hr-ft².

Este es un proceso que se auto opera, ya que no necesita mano de obra y solo depende de que la fuente de energía sea suficiente intensa para que sea posible la instalación de un equipo de esta naturaleza. Este proceso es ideal para lugares tropicales o semitropicales carentes de otra clase de fuentes de energía convenientes para ser usadas.

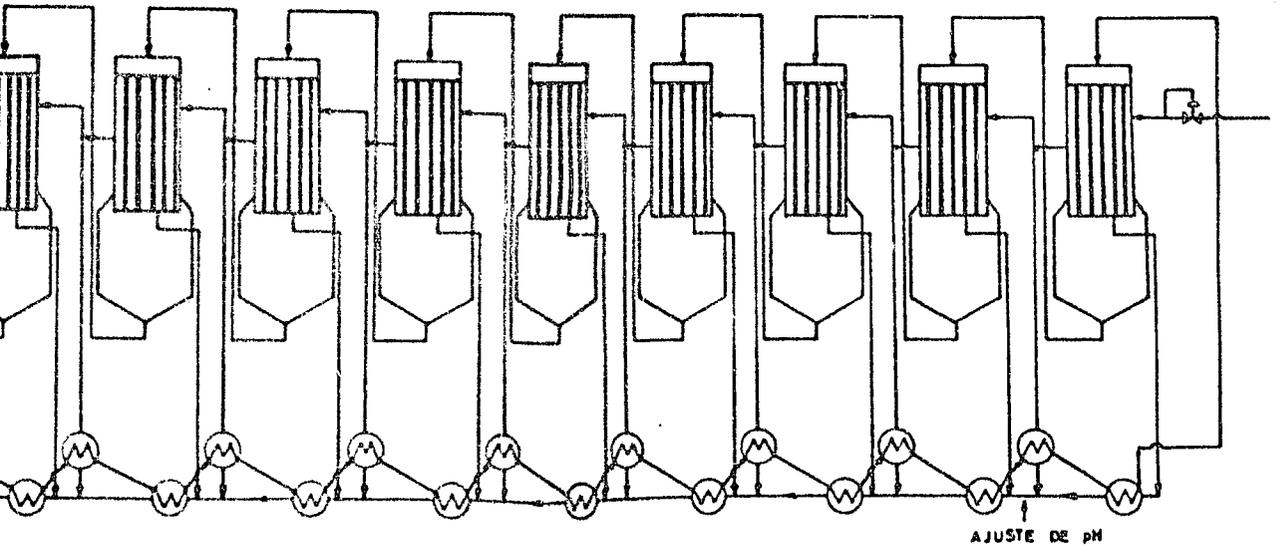
Los principales lugares donde se está usando con bastante éxito este tipo de sistemas es en algunas aldeas pequeñas del mar Mediterráneo, en las costas noroeste y noreste de Africa, en las costas del Golfo Pérsico y mar Rojo, - en algunas partes de las costas australianas, en la costa oeste de centro y sudamerica, en la costa noroeste de Brasil y en bastantes islas tropicales, donde la energía solar es la única capaz de ser aprovechada en cantidades ilimitadas.

EVAPORACION





EVAPORACION.



Evaporación.-

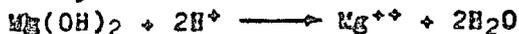
Dentro de los evaporadores más usados en desalinación se encuentran los de tipo tubos largos verticales de película hacia abajo, debido a su alta eficiencia.

En el esquema adjunto se muestra el sistema usado en Freeport Texas.

En este sistema, la salmuera alimentada se precalienta con los condensados de cada efecto, entrando posteriormente al primer efecto a una placa de distribución y escurriendo por tubos, donde se efectúa el proceso de evaporación. El vapor de calentamiento es inyectado por fuera de los tubos, el cual al condensarse, cede su calor hacia la película de salmuera.

La salmuera no evaporada sale por la parte inferior - del efecto, para alimentarse por la parte superior el siguiente efecto. El vapor generado en cada uno de los efectos después de condensarse, ya es susceptible de ser usado como agua pura.

Uno de los principales problemas que tiene este tipo de equipo, son las incrustaciones de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio sobre las paredes de transferencia de calor, aumentando la resistencia al paso del calor y consumiendo así, energía extra, por eso, es necesario tratar previamente el agua con ácido sulfúrico (1.3 lb. por 1000 gal. de alimentación), con objeto de lograr un pH menor de 7, logrando con esto, la descomposición de estas sales.

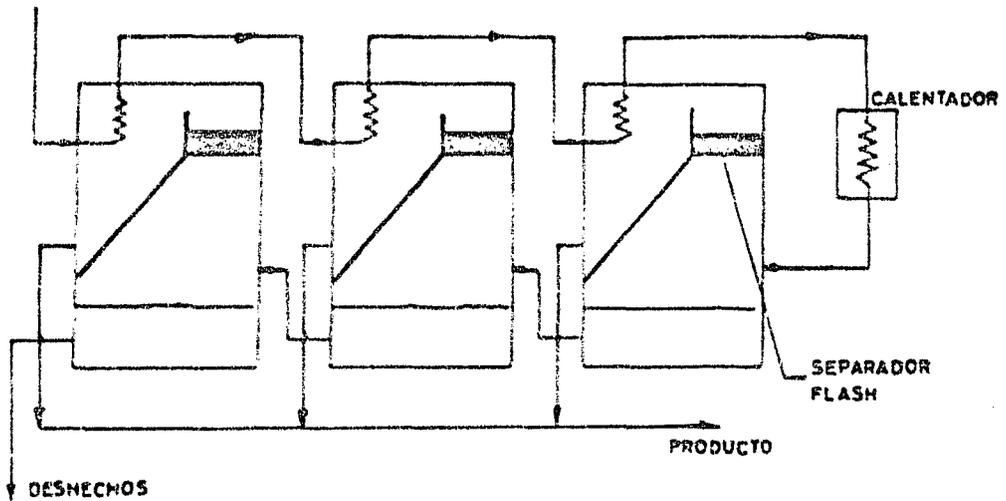


así entra el agua al decarador entre 130°-135°F; posteriormente, antes de entrar el agua a los evaporadores se le ajusta el pH con sosa a 8, para evitar que los restos de CO₂ que contenga la solución puedan formar bicarbonatos y causen corrosión en el equipo.

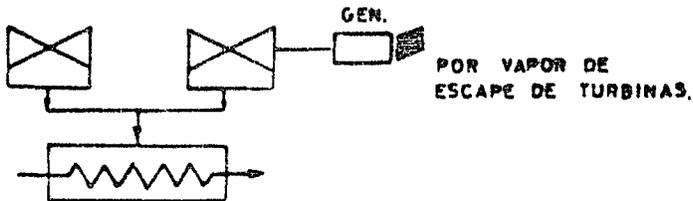
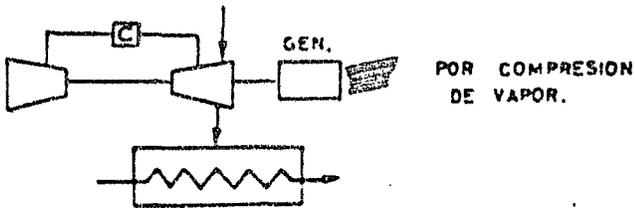
Para un mejor funcionamiento del equipo es necesario tener un control perfecto de los incondensables que contenga.

EVAPORACION FLASH.

ALIMENTACION



TIPOS DE CALENTAMIENTO



Evaporación flash.-

Este método es semejante al anterior, solo que aquí lo importante es sobrecalentar la corriente de salmuera; la -- cual al alimentarse a un recipiente que está por debajo de la presión de vapor del líquido, se logra que este sufra una evaporación instantánea de parte del agua, concentrándose la salmuera; generalmente este método se aplica en un sistema múltiple efecto.

Al someter a proceso flash la salmuera, es posible que el vapor generado pueda arrastrar pequeñas cantidades de sales, para evitar esto, se usa en la parte superior del evaporador un separador que retiene los restos de sal y deja -- pasar solamente el vapor. Mediante este método se pueden -- lograr purezas hasta de 0.05 ppm de sólidos.

Puede sobrecalentarse la salmuera antes de entrar al -- primer efecto de varias formas.

- a).-Por calentamiento directo con vapor de alta presión; el cual es eficiente pero poco efectivo, ya que se usa la unidad generadora de vapor solamente con fines de calentamiento.
- b).-Por calentamiento de vapor generado con parte de producto obtenido; en esta forma hay un poco más de eficiencia, -- ya que el agua al entrar a la unidad generadora de vapor ya viene precalentada, reduciéndose el consumo de combustible.
- c).-Por calentamiento usando vapor de escape de compresoras; esta es una forma muy común de usar esta clase de vapor, ya que como en las compresoras se usa vapor de alta presión, al salir de ellas, todavía es capaz de ceder la suficiente energía para sobrecalentar cualquier tipo de salmuera.
- d).-Por compresión de parte del vapor producido; como el vapor generado en este proceso es generalmente saturado o hú--medo a una presión relativamente baja, es posible que parte de él se comprima en una forma casi adiabática. Al aumentar su presión, aumenta su temperatura, posteriormente este puede servir para sobrecalentar la alimentación.

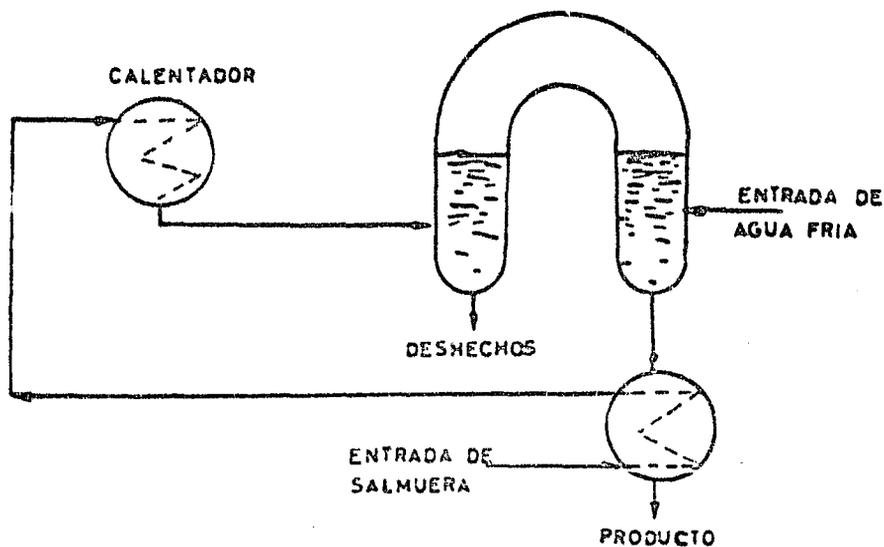
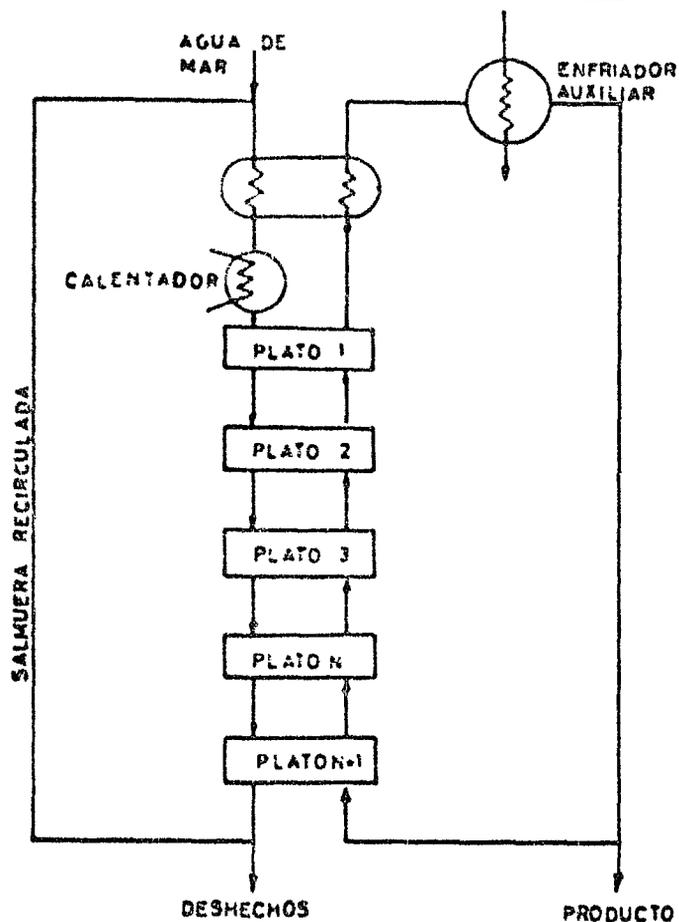
e).-Por calentamiento de vapor de escape de turbinas de plantas termoeléctricas; este vapor, lo mismo que el de escape de compresores, después de efectuar su misión principal, tiene todavía la capacidad necesaria para sobrecalentar una salmuera en un proceso flash.

En todas las variaciones antes mencionadas la alimentación debe de entrar por el último efecto o sea el de salida del producto, para poder precalentarse con el calor cedido por el vapor al condensarse después de pasar por el separador.

La ventaja principal de este método con respecto al anterior es como ya se dijo antes, la eliminación de paredes de transmisión de calor en cada uno de los efectos, reduciéndose solo al sobrecalentador de salmuera y a los serpentines de precalentamiento de la misma.

Otras variables importantes tanto aquí como en cualquier otro método de evaporación es el mantenimiento correcto de presión en cada domo de cada unidad, para lograr así una evaporación instantánea correcta de la salmuera en cada domo, y así los gradientes de temperatura podrán ser aprovechados al máximo.

EVAPORACION FLASH (DESTILACION).



Eva; oración flash por recalentamiento de vapor (destilación).-

Este método puede considerarse como una modificación del anterior, ya que básicamente consiste en sobrecalentar la salmuera, diferenciándose del anterior en que el proceso de evaporación instantánea se efectúa en platos, encontrándose a contracorriente por un lado la salmuera caliente y por el otro lado agua pura fría; entonces en cada plato se generará una evaporación de agua de la salmuera hacia el agua pura.

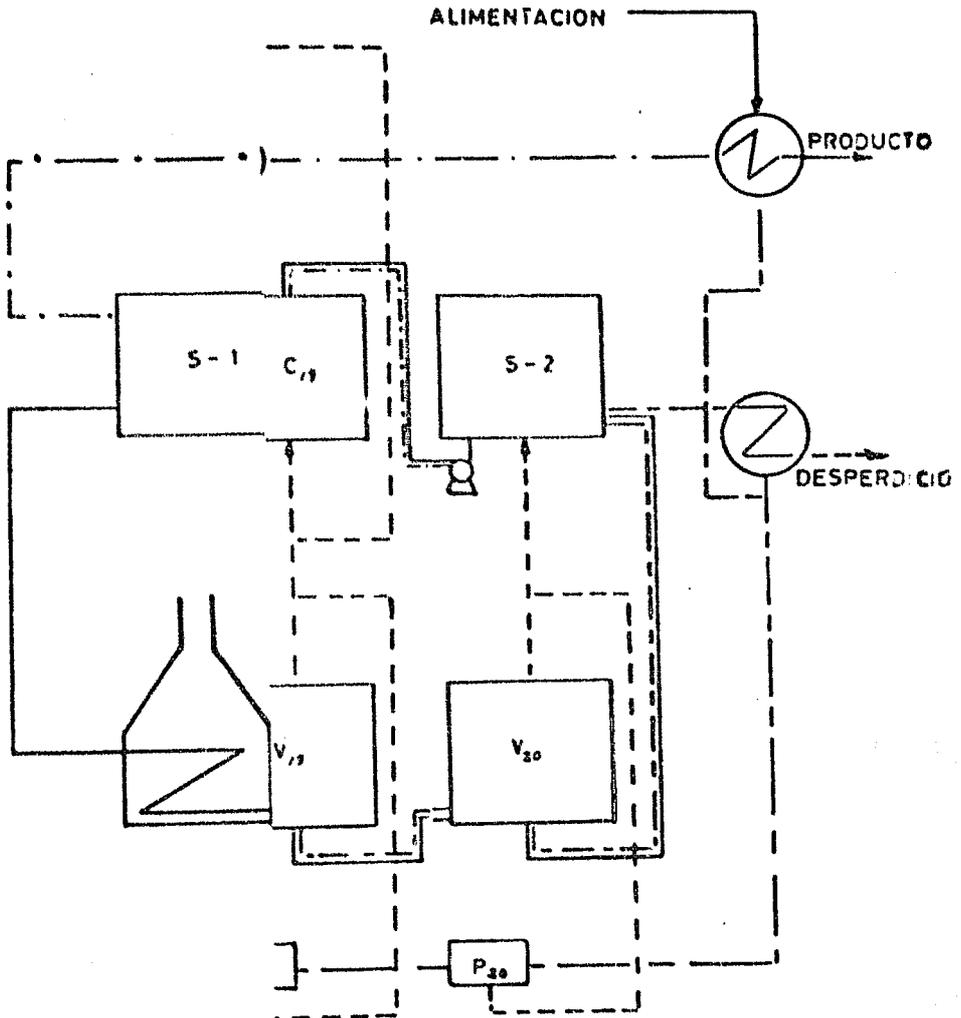
Este sistema puede ser trabajado en forma muy versátil, ya que hay muchas variables susceptibles a ser cambiadas según las necesidades para lograr máxima eficiencia en el sistema. Este equipo trabaja en forma muy similar a las columnas de destilación de solventes normales.

Se pueden hacer diversas variaciones sobre el mismo principio, en forma semejante a la evaporación flash para el sobrecalentamiento de la salmuera, de acuerdo con las condiciones del lugar donde se desee llevar a cabo un proyecto de este tipo.

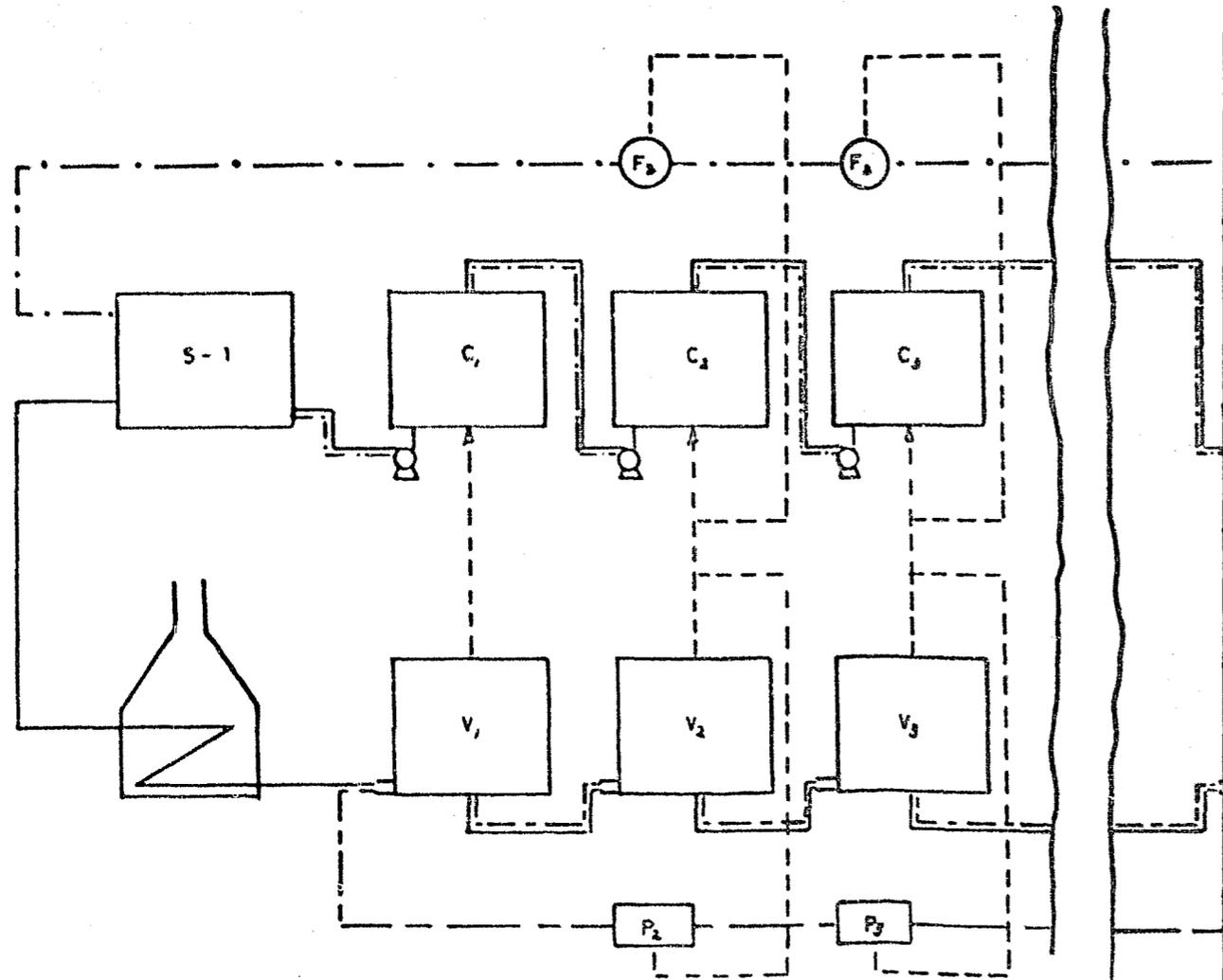
Las variables independientes del proceso son:

- a).-El número de platos.
- b).-El gasto o flujo de agua de mar en cada plato.
- c).-El agua pura recirculada.
- d).-Temperatura de entrada del agua de mar.
- e).-Temperatura del agua de mar en cada plato.
- f).-Temperatura del agua pura reflujaada.
- g).-Cantidad de salmuera reflujaada en el proceso.

TRATAMIENTO CON UN FLUIDO ISCIBLE.

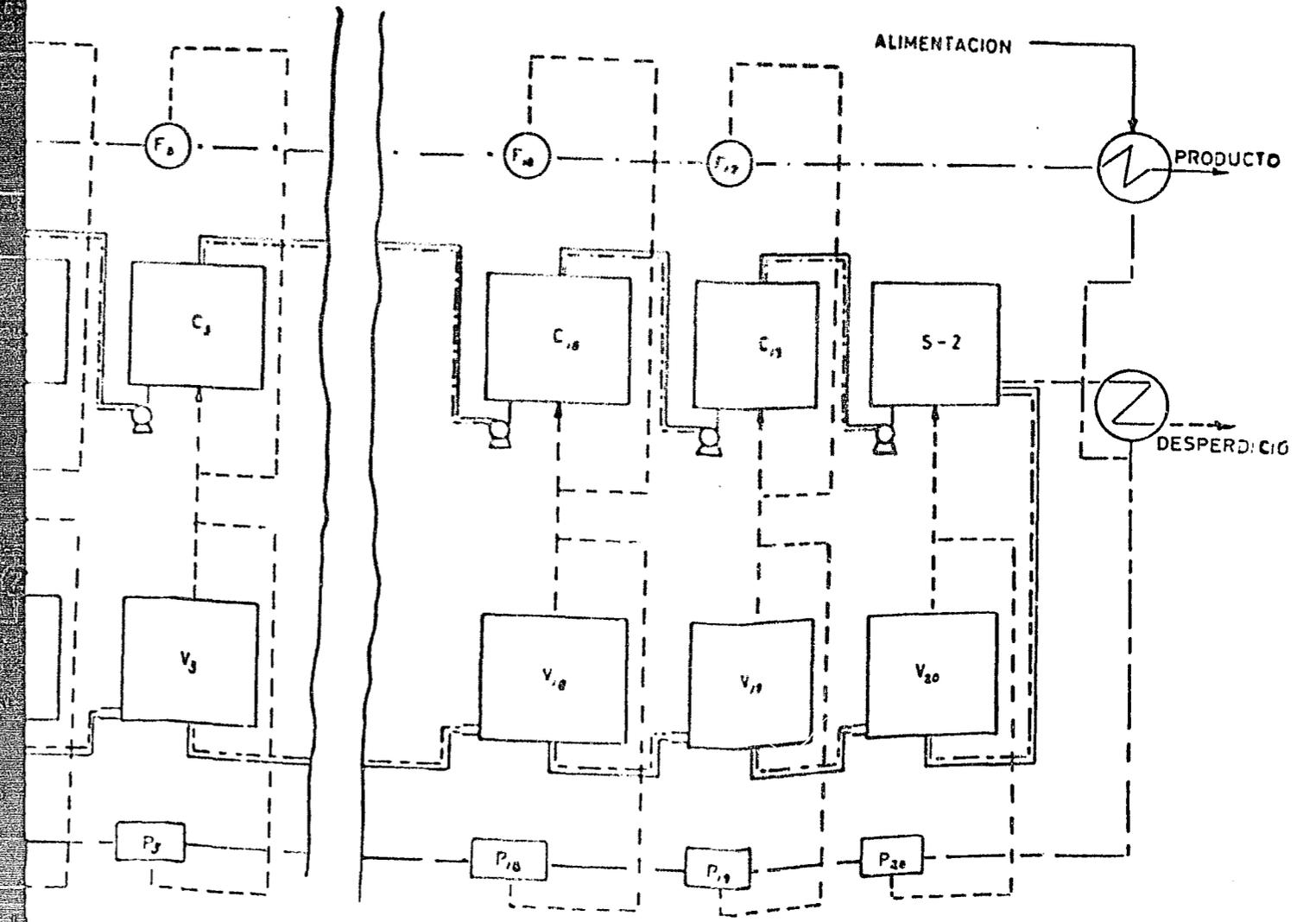


EVAPORACION



- - - - - ALIMENTACION
 ———— LIQUIDO ORGANICO
 - - - - - VAPOR DE AGUA
 - - - - - ALIMENTACION - LIQUIDO OR
 - - - - - AGUA PRODUCIDA

EVAPORACION POR CALENTAMIENTO CON UN FLUIDO INMISCIBLE



- - - - - ALIMENTACION
 ———— LIQUIDO ORGANICO
 - - - - - VAPOR DE AGUA
 - - - - - ALIMENTACION - LIQUIDO ORGANICO
 - - - - - AGUA PRODUCIDA

Evaporación por calentamiento con un fluido inmiscible.

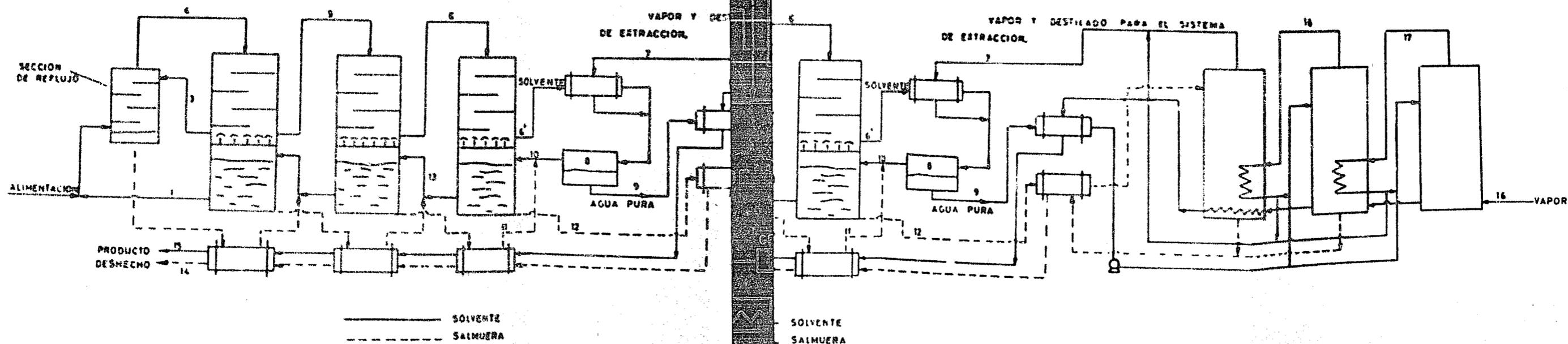
En este método se minimizan las paredes de transferencia de calor, ya que el calentamiento de la salmuera se hace en forma directa con un líquido orgánico (que se usa como elemento calentante).

En el diagrama adjunto se muestra este proceso, donde la alimentación es precalentada y medida dentro de unos tubos mezcladores donde una porción es vaporizada por contacto con el calentador. Los tubos mezcladores descargan la mezcla líquido-gas en el separador V_1 , cada separador es precedido de tubos mezcladores donde tiene lugar la transferencia entre el líquido orgánico y el agua de mar. La mezcla líquida fluye hacia V_2 , donde se evapora más agua a una presión menor que V_1 , esta operación es repetida a lo largo de todas las etapas hasta V_n , aquí se separa la salmuera de desperdicio y el líquido orgánico se bombea hacia el tanque de almacenamiento S-2.

De S-2, el líquido orgánico se bombea a través de los pasos de condensación C_{n-1} , C_{n-2} , etc., que operan a incrementos de presión, en esta forma el líquido orgánico es calentado por la condensación de vapores de los separadores V_{n-1} , V_{n-2} , etc., los cuales son operados a presiones más altas. Los condensados fluyen a contracorriente con el líquido orgánico en las etapas de condensación y son separados en el tanque de almacenamiento S-1.

El líquido orgánico separado es calentado además por el calentador de S-1; el agua condensada es pasada a través de tanques flash, y así el condensado sale del sistema como producto, este es pasado por un condensador que opera a una presión menor, intercambiando además su calor con la salmuera fría alimentada al sistema.

PURIFICACION POR EXTRACCION CON SOLVENTES.



Purificación por extracción con solventes.-

Este método lo constituyen dos secciones muy importantes que son: la de extracción- evaporación y la de agotamiento de solvente.

La primera parte consta de un sistema de columnas, las cuales están alimentadas por una corriente salina formada -- por los flujos (1) que es una mezcla rica en agua con un poco de solvente, (2) que es la alimentación de agua de mar al sistema y solvente puro proveniente del condensado de la corriente (3). La mezcla es pasada por la sección de reflujo y regresada a la columna inicial por (4), en su parte superior, dentro de la columna, la mezcla se calienta por los vapores de solvente provenientes de los platos inferiores.

El agua que disuelven los vapores de solvente pasa por (5) hacia la otra columna, mientras que la salmuera concentrada escurre a la parte baja de la columna. El mismo proceso se repite a lo largo de todas las columnas.

Al salir la corriente (6°) de la última columna de extracción, ya va fría, ésta se calienta por contacto directo con el calor de la corriente (7), de aquí la mezcla va al separador (8), donde se decanta el agua pura que sale como producto (9) y el solvente es regresado al sistema de extracción por (10). Aquí el solvente caliente se pone en contacto con el efluente de salmuera (11), disolviéndose algo de agua en él.

La salmuera final (12), es mandada al sistema de agotamiento para remover el solvente que contenga; mientras que el solvente que ha regresado al sistema de extracción (13) se hace pasar a través de las partes bajas de los pasos sucesivos a contracorriente con la salmuera alimentada, disolviéndose algo de agua en cada paso en cada paso hasta alcanzar las condiciones (1).

El número de pasos depende de la diferencia de temperaturas entre el vapor de hidrocarburo y la temperatura de ex-

tracción que sea requerida.

La intensidad de flujo en (3) depende del grado de salinidad de la salmuera y la selectividad del solvente.

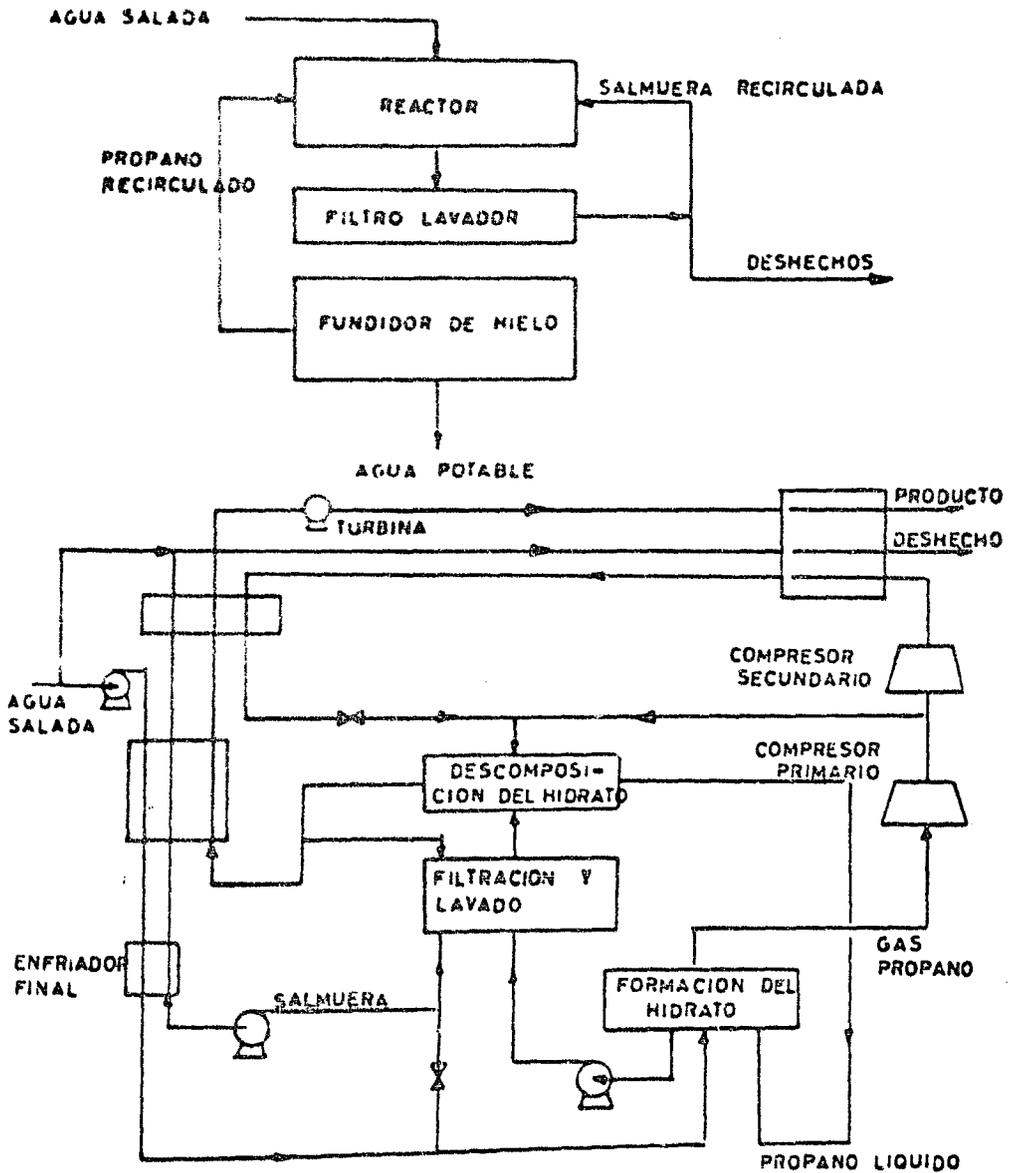
Sistema de agotamiento de solvente.-Hay varias formas de separar el solvente del agua, el más adecuado es por medio de columnas de agotamiento, porque se puede reducir bastante del costo de operación porque la energía consumida es mínima.

Este sistema es ilustrado en la segunda parte del diagrama del proceso y consta de dos columnas en paralelo usadas para agotar el agua y una columna para evaporar la salmuera.

En la columna inicial se inyecta vapor suficiente para evaporar parte de la corriente de agua, la segunda columna es calentada por vapor generado en la primera (17), operando la columna de la siguiente manera.

En la segunda columna de agotamiento de agua y en la de evaporación de salmuera se colocan en el fondo los residuos de salmuera concentrada que solo sirve para calentar la salmuera proveniente de las columnas de extracción. Una vez cumplido esto, sale del sistema como deshecho.

CONGELAMIENTO POR HIDRATACION CON PROPANO.



Congelamiento por hidratación con propano.

Este método químico es económicamente competitivo con los procesos físicos comúnmente usados.

En él, el agua al entrar es bombeada a través de unos cambiadores de calor donde se enfría, posteriormente se mezcla con propano dentro del reactor, formándose un hidrato; estos cristales formados están en una concentración de 10 a 15%, los cuales se filtran y se lavan, parte de la salmuera se recircula al reactor y el resto se descarga del sistema con el deshecho, intercambiando calor con la salmuera de entrada y el propano recirculado al sistema.

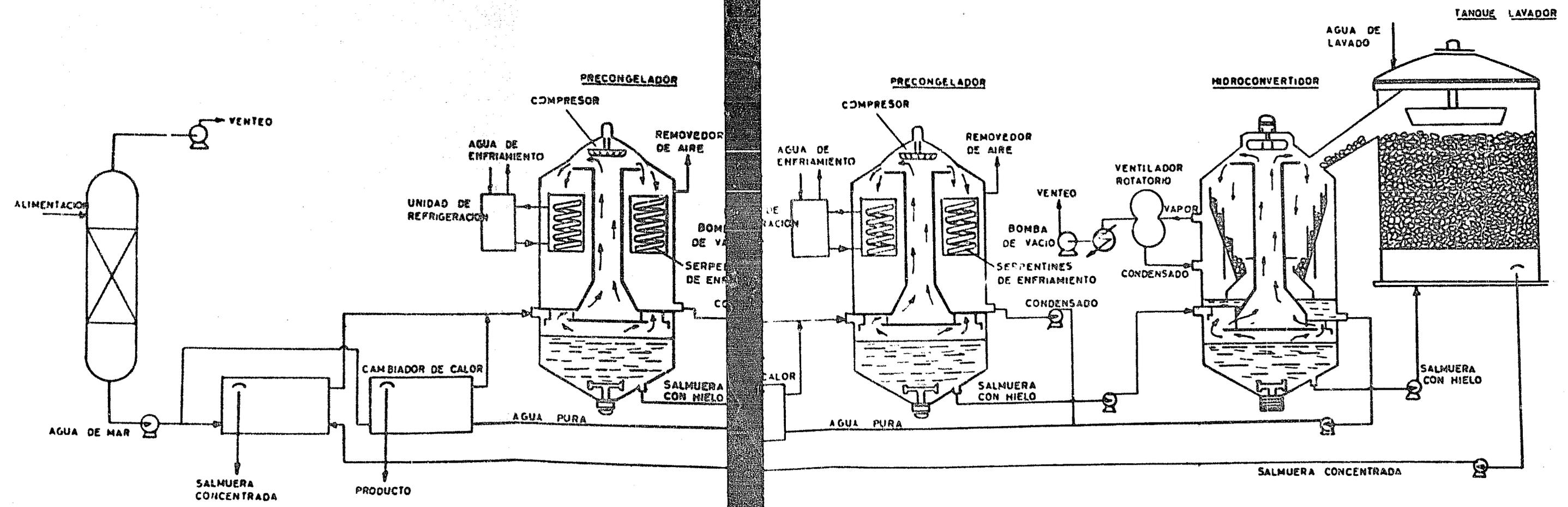
El propano además de poder formar un hidrato, es un eficiente agente de intercambio de calor.

El propano líquido al ser introducido en el reactor, se combina con el agua formando un hidrato y vapores de él, toman su calor de evaporación del calor de fusión de los cristales de agua formados. El propano gas, es comprimido por un compresor primario y condensado, esta condensación es efectuada por intercambio directo de calor de éste con el hidrato al que lo descompone, entonces el agua y el propano se decantan y este último es recirculado al reactor para que vuelva a reaccionar.

El sistema de refrigeración es de dos pasos, a baja temperatura el compresor primario trabaja y a alta el secundario.

El propano líquido se alimenta por inyección a la salmuera recirculada, el cual debe mantenerse en exceso para que el reactor funcione adecuadamente.

CONGELAMIENTO AL VACIO Y COMPRESION DE VAPOR.



Congelamiento al vacío y compresión de vapor.-

En este proceso, el agua de mar entra al sistema por un serentín, que opera a 25 mm de Hg, allí se elimina el aire y todas las gases incondensables, de allí el flujo pasa por unos cambiadores de calor, donde es enfriado.

En este cambiador la diferencia de temperatura de los fluidos de entrada y salida debe ser de 1.8°F como mínimo, ya que de este modo se contribuye a la alta eficiencia del sistema, porque así, el calor que pueda absorber el sistema del exterior es mínimo.

En estas condiciones el agua entra al precongelador, donde el calor que halla tomado la salmuera durante su recorrido es eliminado en un congelador indirecto (por evaporación parcial, compresión y condensación de vapor dentro de los serentines de refrigeración).

Cuando el flujo pasa a través del hidroconvertidor, todo el calor sensible de alrededor es removido, incluyendo en el flujo el calor que halla podido ser absorbido en el recorrido del precongelador al hidroconvertidor. En ambas secciones, los incondensables son removidos por ventiladores rotatorios o bombas de vacío.

El hidroconvertidor es formado por tres secciones que son: el congelador, el compresor y el fundidor. En el fondo está el congelador que es mantenido a una presión de 3 a 3.5 mm de Hg; además esta parte está dotada de un agitador que sirve para homogeneizar y promover la evaporación y formación de hielos de la salmuera alimentada. En esta sección, como está a una presión menor que la de vapor del agua de mar hay una vaporización parcial, tomando este vapor su calor latente del agua de mar remanente, por lo que la temperatura tiene que bajar. Este proceso continúa hasta alcanzar las condiciones de 3.99 mm de Hg y menos de 29°F, o sea el punto triple del agua de mar, de tal manera que se logra congelar parte del agua que contiene la salmuera con una 11

gero baja en la presión del sistema.

El calor absorbido por la vaporización es 7.5 veces mayor que el liberado por la cristalización, o sea, que ca da libra de vapor formado, genera 7.5 libras de hielo.

La baja densidad del vapor generado resulta problemática, debido al gran volumen que ocupa, este vapor es comprimido de 3 mm. hasta alcanzar 5 mm. de Hg.

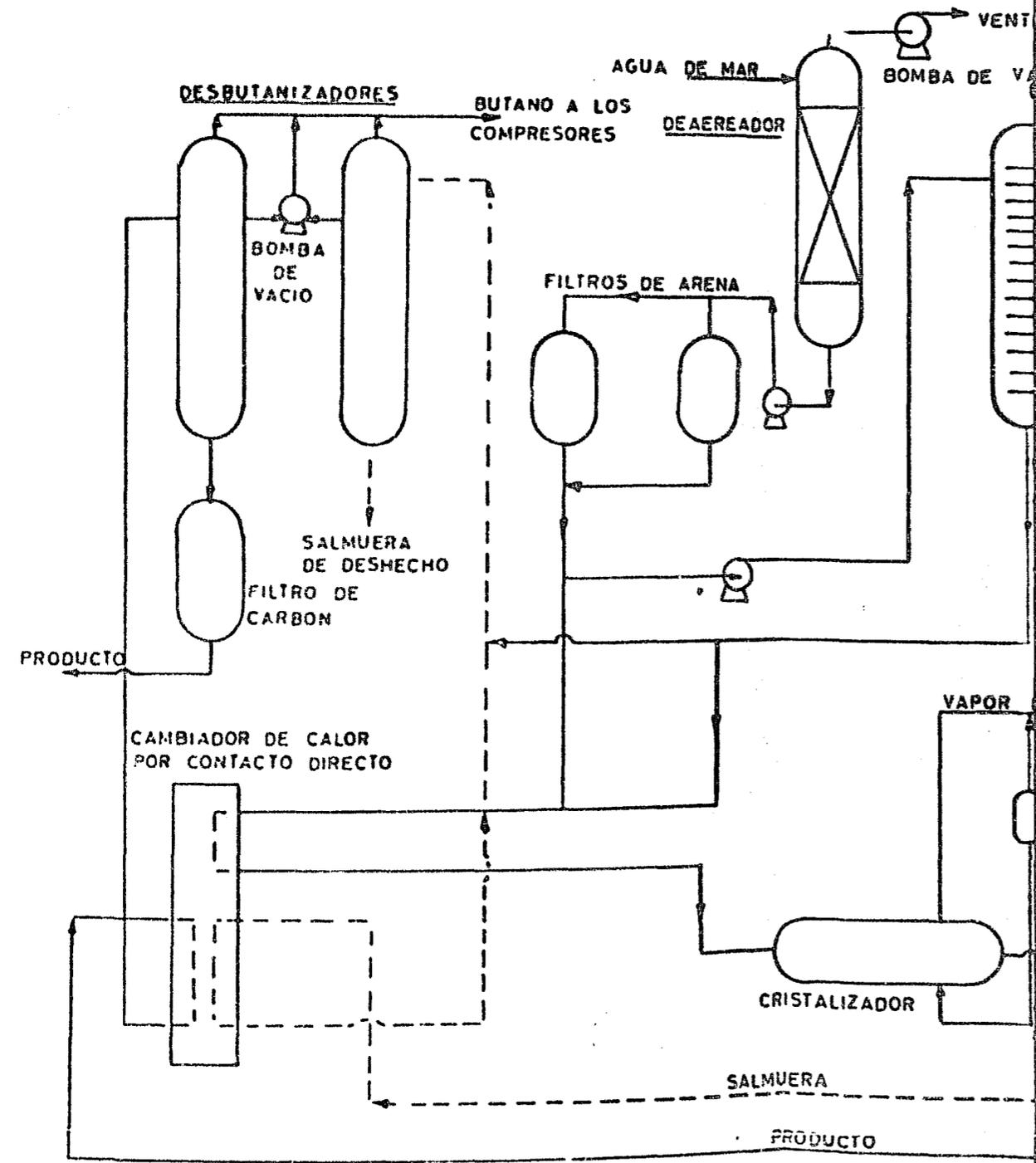
Por otra parte los cristales de hielo son pasados al lavador a contracorriente; aquí se separan y salen por la parte superior de la unidad, mientras que la salmuera fluye por un dren especial y deja el lavador.

El hielo lavado tiene adherido un 5% de salmuera, este que a la parte superior del hidroconvertidor donde se funde por contacto con los vapores generados en el congelador, este fenómeno se lleva a cabo en los paneles de una cámara giratoria, la cual provee de una gran área de fusión.

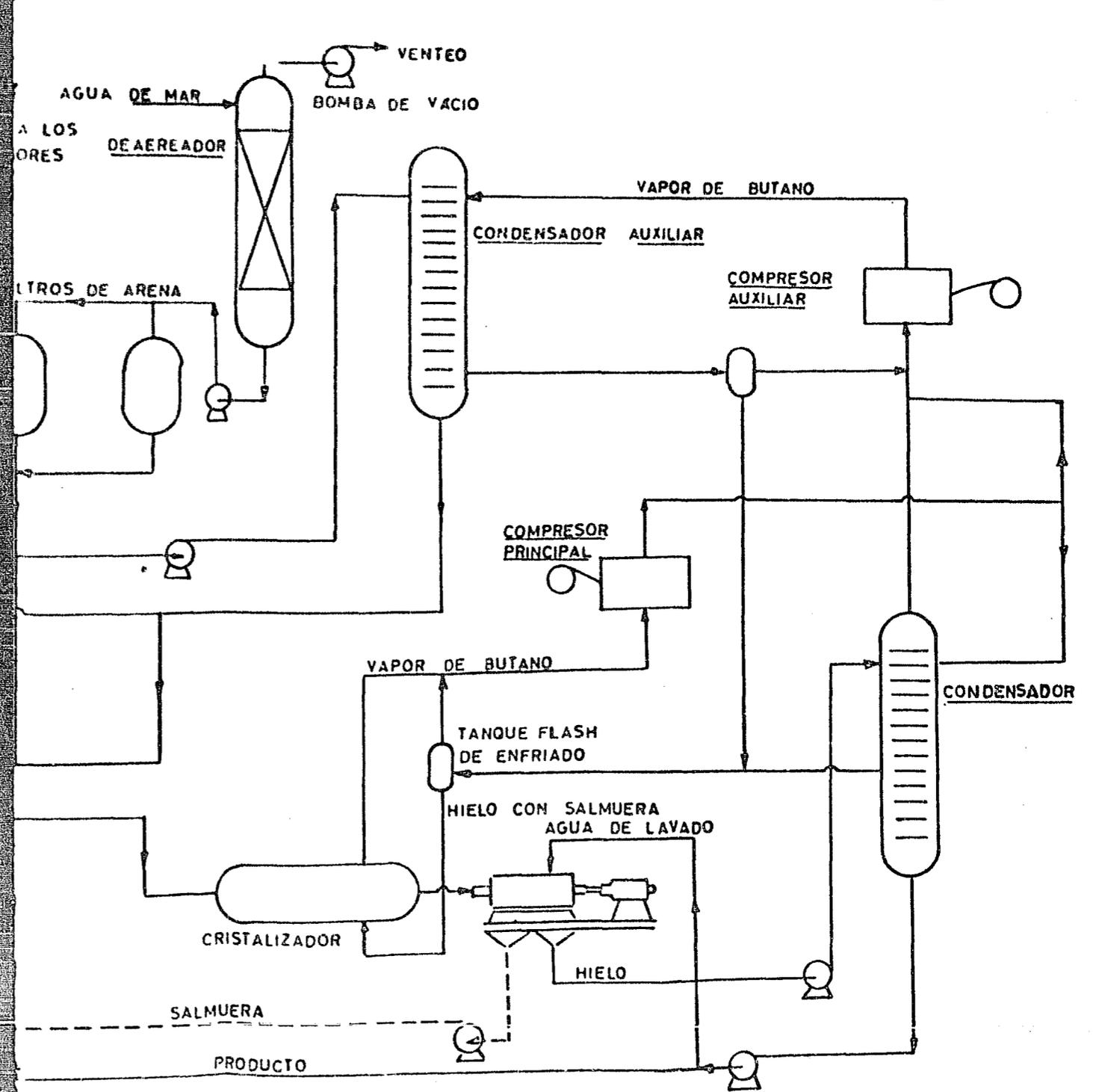
El agua de lavado que se usa puede ser de la misma obtenida en el proceso, pero debe usarse una cantidad mínima para evitar la elevación de costos.

Una unidad de este tipo está funcionando actualmente en el Golfo de Akaba, la cual provee de agua pura al puerto de Filat en Israel.

CONGELA



CONGELAMIENTO DIRECTO CON BUTANO



Congelamiento directo con butano.-

En este proceso, el agua de mar entra al equipo a temperatura ambiente a un condensador que opera a 30 in de Hg, aquí se eliminan los incondensables; después pasa la alimentación por unos filtros de arena, donde se eliminan coloides y partículas en suspensión.

Esta corriente se mezcla con butano líquido, que proviene del condensador auxiliar, esta mezcla entra a un cambiador de calor donde se enfría por contacto con la salmuera de deshecho y con el agua pura que sale del sistema, alcanzando una temperatura de 35°F, posteriormente pasa al --cristalizador que opera entre 25 a 28°F y entre 2 a 5 psig., aquí se pone en contacto el flujo con más butano formándose pequeños hielos libres de iones salinos.

La salmuera con suspensión de hielo se filtra, y estos se funden a 28.50°F. Dentro del cristalizador siempre se encontrarán concentraciones salinas muy altas, ya que la formación de hielo es continua.

Al fundirse los hielos se produce una evaporación de butano, la cual debe ser perfectamente controlada de acuerdo con el ritmo de trabajo de los compresores.

En este método se pulveriza el hielo, manteniendo la salmuera en estado sobreenfriado, los cristales que se forman son de menor de 1 mm. de forma hexagonal, pudiéndose separar fácilmente.

El butano líquido ocluido en los cristales se evapora tomando su calor de evaporación del de congelamiento de más agua de la salmuera, esta transferencia de calor es prácticamente isotérmica.

Mientras que los vapores de butano van al compresor, el hielo con la salmuera son centrifugados en canastas cónicas con perforaciones de 1/4 de mm. que permiten separar la salmuera de los cristales. El consumo de fuerza es pequeño, alrededor de 0.5 kwh por tonelada de cristales.

Teóricamente en este proceso un 45% del agua de mar sería posible convertir en hielo, pero solo un 7% se aprovecha ya que el resto se pierde por ineficiencias del sistema.

El butano vapor es comprimido posteriormente entre 7 a 10 paig., esta presión es suficientemente alta para crear un gradiente de temperaturas y tener una transferencia de calor entre el butano que está vaporizándose y la salmuera para formar el hielo.

No todo el vapor de butano es liberado en el cristalizador, sino también en el condensador fundidor, (donde el hidrocarburo que se libera es comprimido por el compresor auxiliar hasta alcanzar la misma presión del agua de mar - de alimentación del sistema).

El producto puro y la salmuera de deshecho al salir del cambiador de calor donde la alimentación intercambia calor con ellos, van hacia los desbutanizadores donde eliminan casi todo el gas que contienen ambas corrientes, estos desbutanizadores operan en una forma semejante a los desesqueadores. El butano eliminado aquí se realimenta al sistema, inyectándolo después de ser comprimido.

Para eliminar los residuos de butano que lleve el producto puro se hace pasar por un filtro de carbón activado, saliendo del sistema el agua con un alto grado de pureza.

Electrodialisis.-

En la primera parte del esquema adjunto se muestra una membrana elemental de electrodialisis, la cual está arreglada de tal manera que el flujo alimentado a ella sea desmineralizado por medio de membranas selectivas que atraen los iones. Los aniones migran a los ánodos y los cationes a los cátodos y al efectuarse esto, atraviesan la membrana respectiva, encontrándose una corriente de agua que elimina los iones del sistema.

La corriente eléctrica dentro del sistema es conducida por los iones hidrógeno.

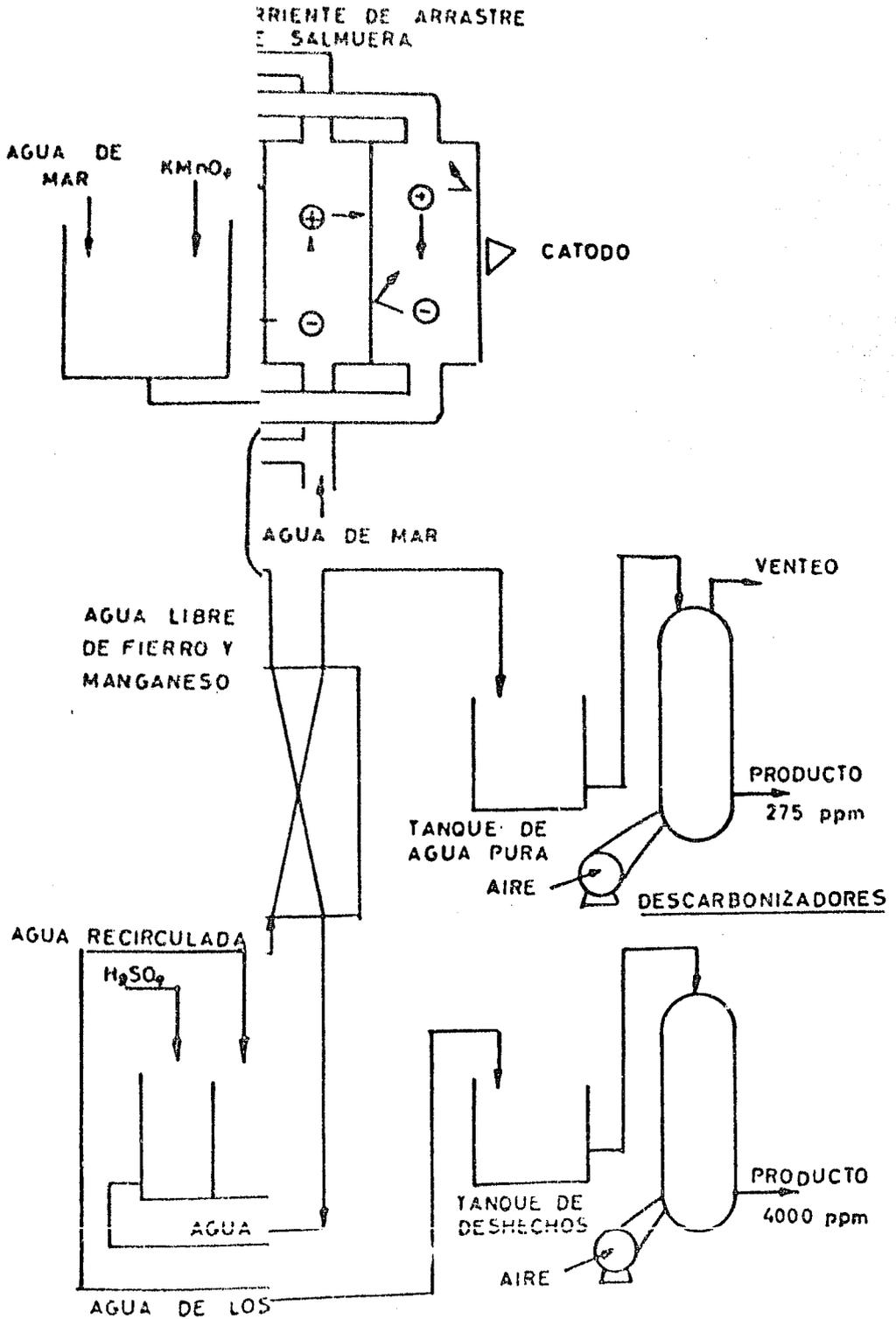
Por lo tanto, este proceso se simplifica a un sistema de flujo de fluidos, siendo mínima la transferencia de masa y de energía; aquí el agua que se va a desalinizar fluye perpendicularmente a un campo eléctrico, migrando hacia él, los iones de signo semejante.

Para eliminar los iones ferrosos y manganesos del agua de mar alimentada al sistema después de su tratamiento con permanganato de potasio (el cual sirve para oxidarlos), se filtra por un filtro de zeolitas.

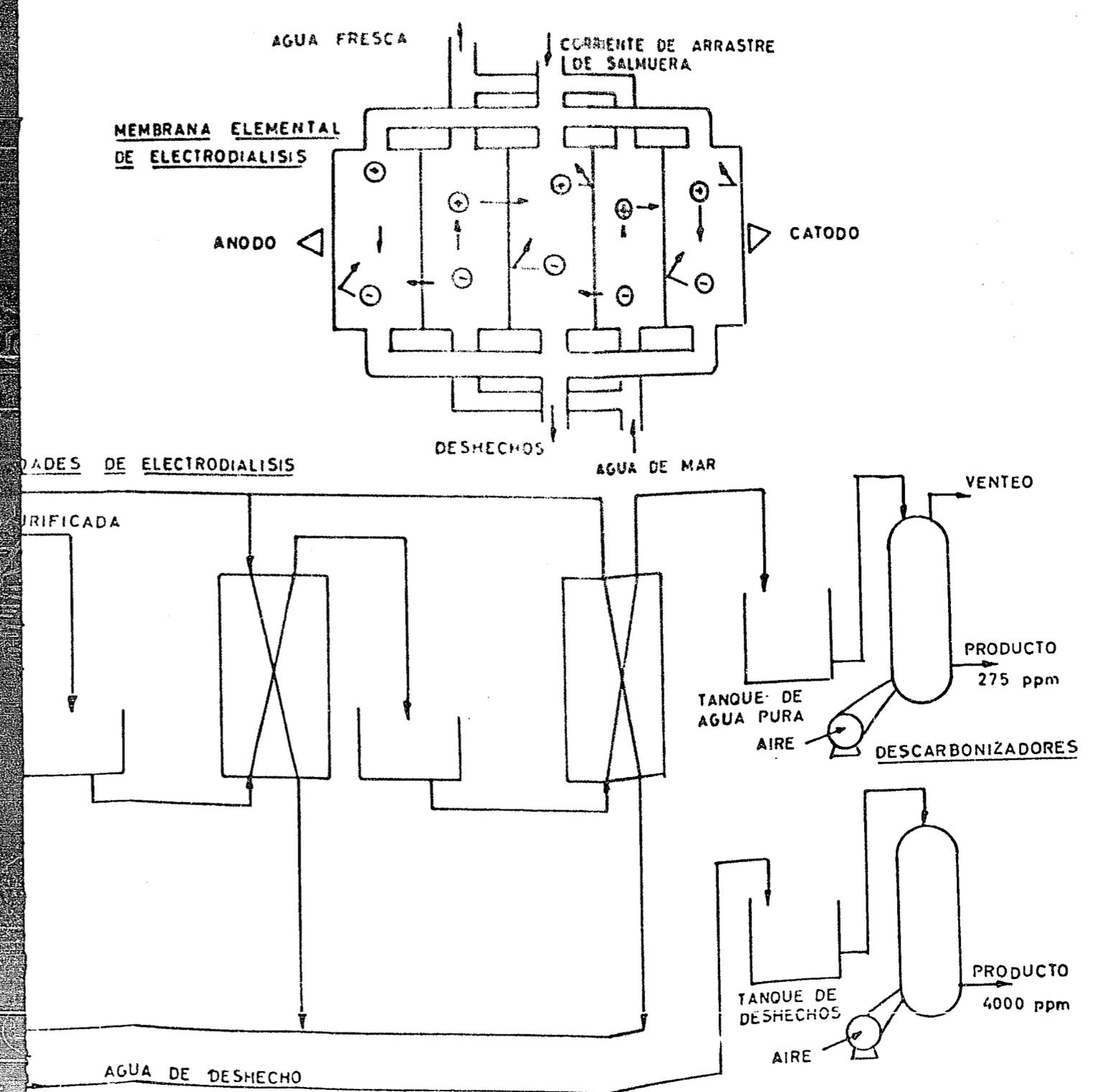
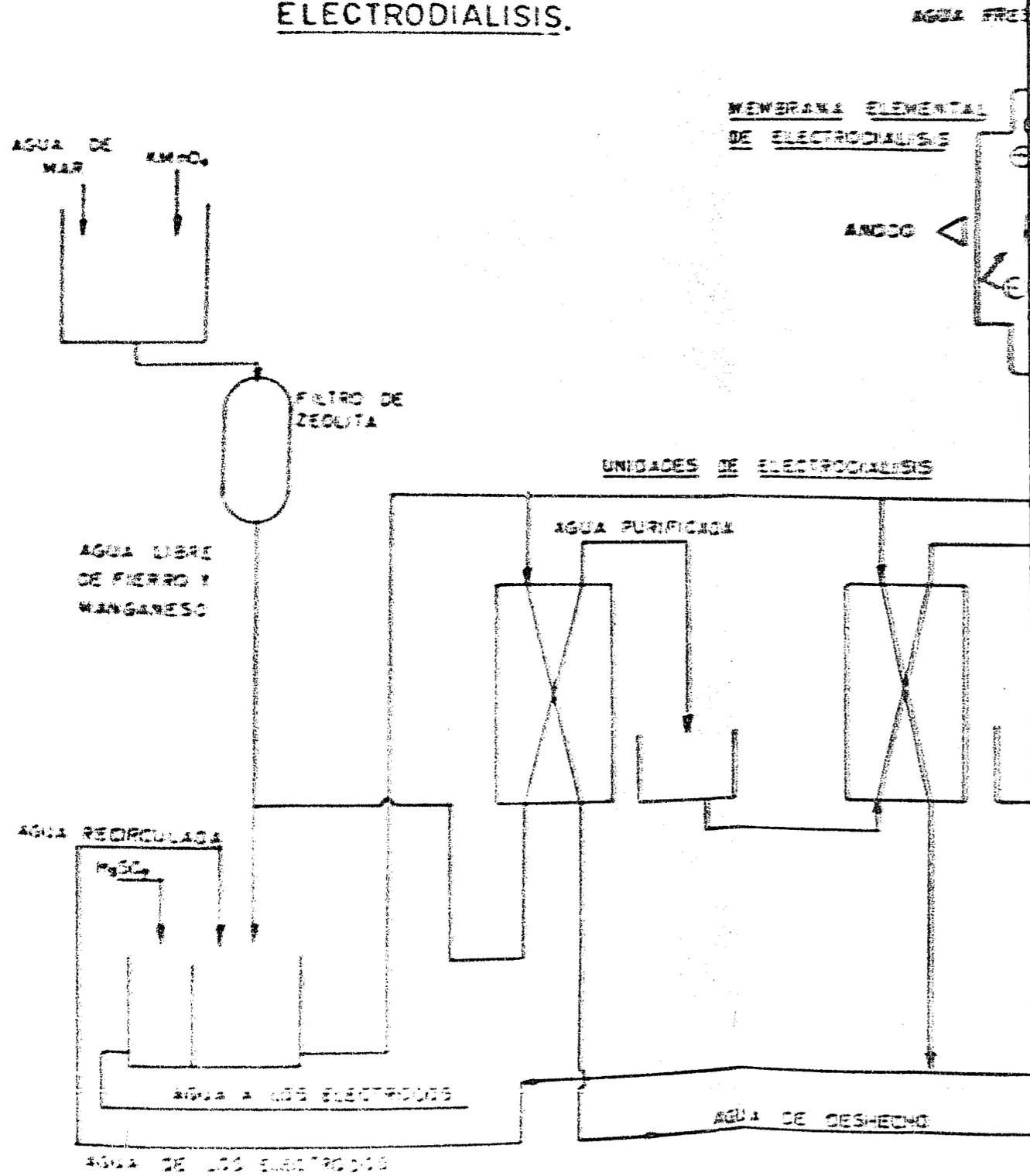
La corriente va a un recipiente donde se mezcla con una pequeña cantidad recirculada y se acidifica con ácido sulfúrico hasta lograr un pH de 3.5. De esta forma se alimentan las unidades de electrodialisis, las cuales constan de 217 pares de celdas cada una, esta agua puede servir de drenaje para los iones. La parte del agua de mar que no es acidificada se alimenta por la base de la primer unidad de electrodialisis, fluyendo en forma paralela y a contracorriente con la corriente ácida que sirve de drenaje.

El problema que se presenta en este tipo de equipos es la alta caída de presión en las unidades de electrodialisis que es por lo menos de 4 a 5 psi., lo cual implica un alto costo de bombeo.

Los desechos se neutralizan con sosa a un pH de 7 pa-



ELECTRODIALISIS.



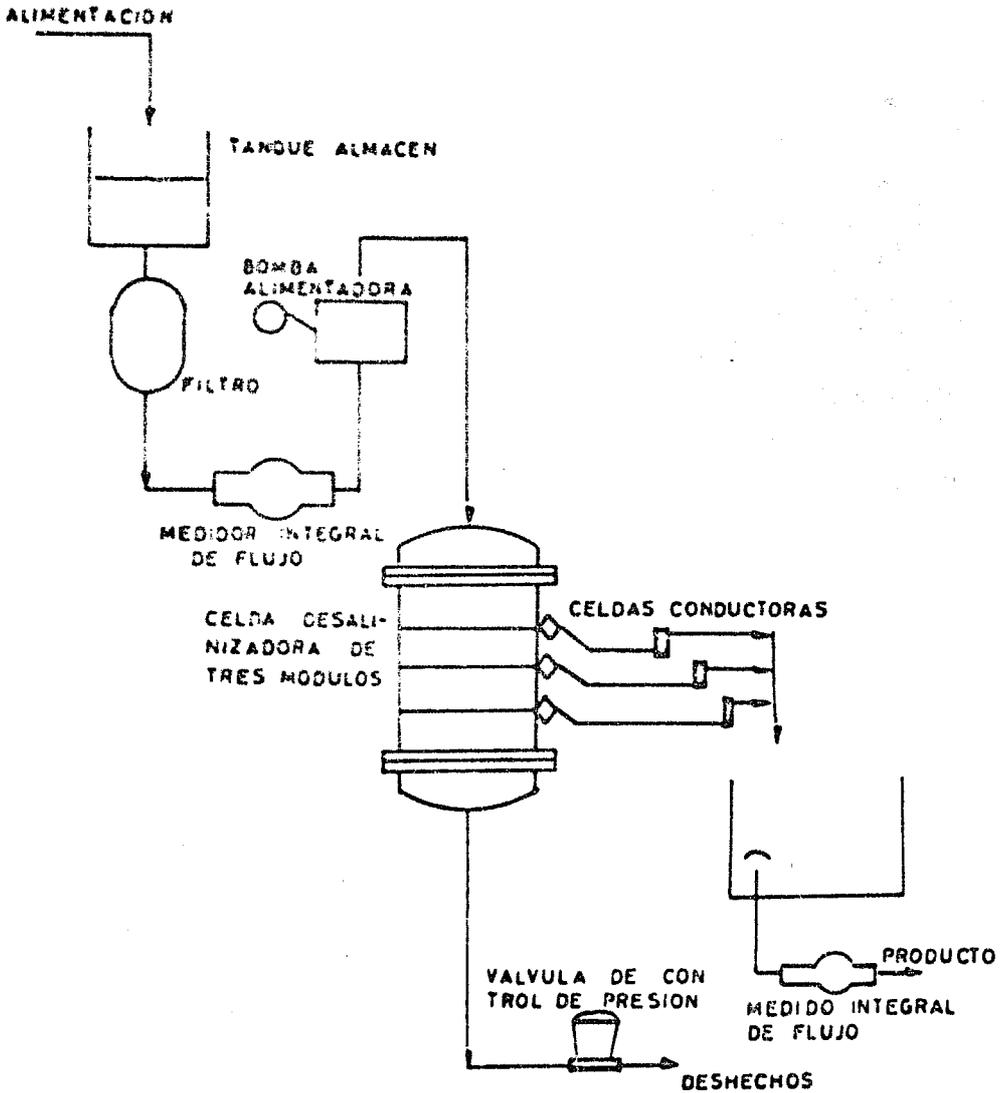
ra evitar que sean corrosivos.

Los principales factores que afectan la producción en este tipo de procesos son:

- a).-Los sólidos en suspensión.-Como el flujo pasa por canales muy estrechos entre las membranas, los sólidos en suspensión pueden aumentar la caída de presión o aún obstruccionar el flujo, para evitar esto, es necesario coagular y filtrar dichos sólidos.
- b).-Crecimiento de bacterias.-Pueden crecer bacterias de varios tipos no estériles en el agua, estas colonias se pueden eliminar fácilmente con un tratamiento a base de perclorato de sodio.
- c).-Incrustación férrica.-El agua de mar contiene aproximadamente 0.5 ppm de ión hierro y puede producir incrustaciones, estas se pueden eliminar por oxidación del ión y filtración posterior o por tratamiento de intercambio iónico con zeolitas.

Para el diseño de las membranas eléctricas en una planta desmineralizadora, hay que basarse en el funcionamiento de la membrana unitaria; la cual es normalmente de unas dimensiones de 18x20x0.03 pulg., y cada unidad contiene entre 200 a 300 de ellas, estas deben ser lo suficientemente espaciadas para que den la altura de cada unidad de 30 pulg. aproximadamente, siendo el Área de transferencia por paso de 185 ft² aproximadamente. El flujo comunmente usado en este tipo de unidades es de 20 gpm.

OSMOSIS REVERSIBLE.



Osmosis reversible.-

Este proceso no purifica totalmente el agua, solo reduce la concentración de iones salinos, debido a que como las membranas son una superficie lisa con pequeños capilares capaces de absorber pequeñas cantidades de agua que tiene sales disueltas en su concentración original, estas pasan al otro lado de la membrana sin sufrir alteración alguna, impurificando parcialmente el producto.

El diagrama adjunto muestra una planta piloto, la cual fué probada usando agua de mar sintética conteniendo 3.5% de sal preparada en un tanque almacén.

La alimentación es filtrada para remover partículas mayores de 10 micrones. La solución alimentada a las celdas es medida por un medidor de flujo integral.

La solución es alimentada a las celdas desalinadoras -- por la parte superior a presión, esta celda está formada por membranas, divididas en tres módulos, cada uno tiene 15 placas desalinadoras, estos módulos pueden ser operados en serie o en paralelo. El área de cada membrana debe ser aproximadamente de 1.1 ft².

La concentración del producto es medida por conductividad eléctrica.

El equipo es similar a un filtro prensa, ya que la solución fluye por canales localizados en las partes laterales antes de entrar a las membranas.

El agua no filtrada es eliminada por el fondo de la celda, este flujo es reguladora por una válvula controladora de presión, la cual regula las variaciones bruscas de presión dentro de la celda, obteniéndose así un trabajo homogéneo dentro de ella.

El producto de esta planta piloto se obtuvo con un contenido de sólidos de 150 pp., lo cual está dentro de los límites de tolerancia de uso.

IV.-MATERIALES ESPECIFICOS.-

Como todos los materiales tienden a sufrir modificaciones hasta alcanzar su forma más estable, así, los metales se modifican tendiendo a alcanzar su forma más común como se encuentran en la naturaleza, que normalmente es la de óxidos, esta velocidad de oxidación varía según el carácter de cada uno; los únicos que no sufren modificaciones son los metales nobles.

Dentro de este capítulo, siguiendo la secuencia de los anteriores, trataremos algo acerca de los posibles materiales que podrían ser usados en los equipos de desalinación - descritos anteriormente. No quiere decir que pueden ser los óptimos, pero sí representan una base adecuada para la selección al llevarse a cabo la elaboración de un proyecto de esta naturaleza. El criterio de selección está basado principalmente en la información bibliográfica disponible.

Como en cada uno de los procesos descritos anteriormente, nos encontramos con diferentes condiciones de operación, es muy importante la selección adecuada de materiales de construcción para una más larga vida del equipo.

Para seleccionar adecuadamente los materiales de construcción de los equipos de desalinación, es necesario tomar en cuenta los factores que podrían generar corrosión, siendo los más importantes:

- a).-Heterogeneidad del material o aleación.
- b).-Presencia de rugosidades en su superficie.
- c).-Diferente orientación cristalina del metal.
- d).-Diferencia de tamaños de cristales del metal (en el caso de que se trate de aleaciones).
- e).-Diferencia de tratamientos térmicos.
- f).-Presencia de abrasiones o raspaduras locales.
- g).-Diferencia en formas del material.
- h).-Diferencia de esfuerzos a que está sometido el metal.
- i).-Diferencia de exposiciones.
- j).-Diferencia de composiciones y concentraciones de la sub_

tancia corrosiva.

- k).-Aeración diferencial.
- l).-Calentamiento diferencial.
- m).-Iluminación diferencial.
- n).-Agitación diferencial.
- o).-Potenciales externos aplicados.
- p).-Celdas complejas.

Los incisos b, f, j, o, son las causas más frecuentes de corrosión.

Además hay que tomar en cuenta otros factores tales como:

Acidez.-Que es la tendencia de los metales como el fierro y los materiales anfotéricos a corroerse por desplazamiento de hidrógeno del agua, esta tendencia está en función de la posición que ocupan dichos materiales en la tabla de potenciales químicos, o sea, que los que estén encima del hidrógeno se corroerán más aprisa. Sin embargo, en algunos casos, esta corrosión se reduce o elimina debido al fenómeno de adición de hidrógeno sobre la superficie metálica, el cual se le llama sobrevoltaje, forzándose una película protectora de hidrógeno, la cual es posible que se mantenga si el medio está en un rango de pH de 5 a 8.

Temperatura.-Al aumentar esta, el efecto de corrosión aumenta exponencialmente a excepción del acero inoxidable, que lo hace en forma lineal. Este efecto se produce debido a que al aumentar la temperatura, la disociación y la difusión de oxígeno u otro agente oxidante aumenta, tendiendo a aumentar el pH de las sustancias por disociación de las mismas.

Velocidad de flujo.-El potencial de los metales se vuelve menos noble al contacto con un flujo a alta velocidad, ya que hay una tendencia al desprendimiento de pequeñas capas de metal, iniciándose así la corrosión.

Evaporación solar.-

En este proceso no hay problemas de corrosión, ya que las condiciones de operación son las ambientes. Sin embargo, hay varios puntos que resulte interesante analizar.

- a).-Como la parte burda no está sometida a condiciones de operación extremosas, es suficiente hacerlas de concreto, reforzándolo con varilla normal de acero al carbón. Las partes que están en contacto directo con el agua es conveniente forrarlas de asfalto, hule o algún material plástico, para evitar que se formen depósitos duros de sales y así poder limpiar fácilmente su superficie.
- b).-Las cubiertas deben ser de un material transparente que permita el paso de las radiaciones solares, el cual puede ser vidrio común o si se desea resistencia al impacto se debe usar de material plástico como el acrílico. En las partes terminales de esta cubierta es necesario sellar con cualquier material resistente, el más barato es el asfalto, el cual debe tener un alto punto de reblandecimiento, cuando menos superior a la temperatura media del lugar donde se desee instalar este tipo de equipo.
- c).-La parte que puede estar sujeta a un posible ataque de corrosión son los canales colectores de condensado, ya que por su diseño y condiciones de operación, pueden estar sujetos a corrosión por diferencia de aereación o por diferencia de concentraciones entre el agua destilada y la posible humedad salina que tuviera en la pared exterior de la misma, pudiéndose generar corrosión galvánica o por picado; para evitar esto es necesario usar acero inoxidable, teniendo especial interés en que las superficies tanto exteriores como interiores estén perfectamente pulidas.

Evaporación.-

En este método, en especial el sistema de tubos largos verticales mencionado anteriormente, hay una serie de factores muy importantes por considerar en la selección de los ma-

teriales en cada paso del equipo, debido a que se trabaja en condiciones muy diversas de operación a través de todo el proceso. Las condiciones de alimentación del agua de mar al sistema son: 85°F y 3.5% de sólidos; por lo que puede ser manejada la solución en tubos de acero al carbón. Los cambiadores de calor en donde la alimentación se precalienta con los condensados de agua pura pueden ser de fierro al níquel para que la transferencia de calor sea buena así como su resistencia al ataque de corrosión, también se puede usar bronce, solo que es necesario aislar las uniones entre el fierro y el bronce, para evitar la corrosión por efecto galvánico.

La solución salina entra precalentada al primero efecto a 246°F, siendo el vapor de calentamiento en este efecto de 175 lb/in² y la presión en el domo de 60.73 lb/in²; al seguir el proceso las condiciones van siendo menos extremas, pero la solución se va concentrando. Debido a las condiciones de operación, los tubos de los evaporadores deberán de ser de níquel o una aleación con alta concentración de níquel y cromo, ya que es la mejor forma de obtener un buen coeficiente de transferencia de calor, tener una adecuada resistencia a la corrosión. Los domos de los evaporadores pueden ser de acero al carbón.

Todas las válvulas, principalmente las de vapor deberán ser de acero inoxidable de tipo austenítico, así como los impulsores de las bombas, las partes fijas de válvulas y bombas pueden ser de fierro fundido con un alto contenido en silicio.

Otro punto muy importante en este sistema es el de los incondensables, principalmente el oxígeno y bióxido de carbono que son los principales causantes de la corrosión en equipos de esta naturaleza, para eliminarlos se usa dentro del proceso un desareador, el cual está hecho a base de una aleación de Al-Mg-Si, para que pueda resistir el ataque de corrosión de estos gases al eliminarse de la corriente salina, del mismo material debe ser el condensador barométrico.

Evaporación flash.-

En este proceso, los efectos de corrosión no son tan marcados como en el anterior, debido a que no hay paredes de transferencia de calor, solamente en el sobrecalentador de salmuera y los serpentines de precalentamiento de la salmuera alimentada al sistema.

Siguiendo la alimentación podemos ir analizando cada parte del proceso. Las tuberías pueden ser de fierro al carbón con algo de contenido de fósforo y silicio, ya que el primero da fuerza y resistencia a la aleación y el segundo protege de la acción de los gases calientes, principalmente en los serpentines de precalentamiento, ya que estos van a actuar como condensadores de destilado en cada uno de los efectos. En el sobrecalentador de salmuera, como las condiciones son más críticas, debe ser de níquel o una aleación rica en él, con objeto de evitar el colapso cáustico.

El envolvente de este sobrecalentador puede ser de acero al carbón o fierro siliconado.

Los cuerpos de los evaporadores pueden ser hechos de acero al carbón, las mamparas que sostienen al separador pueden ser de acero austenítico para evitar el posible ataque de corrosión por diferencia de concentraciones en uno y en otro lado de la pared. En el separador flash debe ser hecho el soporte de acero tipo austenítico y como material separador debe ser fibra de vidrio o algún otro material ligero y esponjoso, con el objeto de presentar una gran superficie de contacto, además debe ser totalmente insoluble en agua y que su superficie tenga una alta polaridad para retener los iones aniónicos y dejar pasar solamente el vapor puro.

Por lo que respecta a las partes móviles de válvulas y bombas, es conveniente usarlas de acero inoxidable de tipo austenítico y las partes fijas de fierro con alto contenido de silicio.

En los sistemas de calentamiento es necesario aclarar

que:

a).-Si se trata de un sistema de compresores, y el vapor usado para sobrecalentar la salmuera, generalmente este vapor al entrar al compresor, es de muy alta temperatura, por lo tanto, las partes móviles del compresor deben ser de acero austenítico y las partes fijas de acero austenítico templado, para evitar la corrosión intergranular por precipitación de carburo de cromo, dejando sin protección natural a esta clase de aceros. El cuerpo del compresor puede ser de fierro forjado con alto contenido de Ni y Mn, el primero para mantener una buena resistencia mecánica y anticorrosiva y el segundo para lograr una resistencia mecánica al impacto a baja temperatura y además evitar la corrosión gráfica.

b).-Si se trata de un sistema de turbinas, lo mismo pueden ser sus partes móviles de acero austenítico, tipo 403 en especial, ya que tiene un alto contenido de níquel-cromo.

Eva,cración flash por recalentamiento de vapor.-

En este método o semejanza del anterior, es necesario que el calentador de salmuera sea de níquel o de alguna aleación rica en Ni, ya que allí la temperatura alcanza su máximo y hay una tendencia al colapso cáustico.

El enfriador de agua puede ser de bronce, aluminio o fierro al cromo, ya que la temperatura es baja, lo importante es poner un material que tenga un alto coeficiente de conductividad térmica.

En cada plata o efecto hay una fuerte tendencia a la corrosión por varios motivos; diferencia de temperaturas en el mismo material, diferencia de aereaciones, efecto de incondensables del tipo oxidante, diferencia de concentraciones. Para revitar o reducir esta tendencia a la corrosión es necesario usar materiales del tipo Hastelloy o acero inoxidable del tipo austenítico.

El ,recalentador de salmuera puede ser de bronce o aluminio, no es necesario una aleación con alto contenido de --

niquel o cromo, ya que la temperatura de operación no es muy extrema.

En la serie de efectos aunque están hechos de metales de alta resistencia a la corrosión, siempre es adecuado darles protección catódica ya sea por recubrimiento de Zn o Mg, o por aplicación de corriente directa, la cual va a descargar a un ánodo a tierra.

Todas las tuberías pueden ser de fierro al carbón, lo mismo bombas y válvulas, de esta forma se puede lograr una resistencia adecuada.

Evaporación por recalentamiento con un fluido inmiscible.

Este proceso se aparta un poco de los anteriores en sus características esenciales, ya que aquí las paredes de transferencia de calor son mínimas, solamente hay dos cambiadores de calor que sirven para calentar la alimentación con las corrientes de producto y de deshecho, el material de estos cambiadores pueden ser de fierro al carbón, o si se quiere aumentar el coeficiente de transferencia de calor se puede usar bronce.

La corriente de alimentación al salir de estos cambiadores de calor se calienta más con parte del vapor generado en los separadores, esta operación se efectúa por contacto directo, formando parte del vapor condensado de la corriente de alimentación, estos tanques de mezclado pueden ser hechos de acero al carbón recubiertos con un aislante térmico para reducir al mínimo la pérdida de calor.

La corriente descarga a los separadores junto con la corriente de líquido orgánico que viene del calentador, se mezclan ambas y parte del agua pura se evapora hacia el condensador respectivo, el resto del líquido orgánico con salmuera va pasando sucesivamente a través de todos los separadores, donde se va concentrando la salmuera; estos separadores pueden ser de acero al carbón, los cuales están operados a de-

crementos de presión.

El resto de la salmuera y el líquido orgánico se bombean a S-2, que es un tanque separador, y por decantación se separa la salmuera, mientras que el líquido orgánico junto con el vapor condensado, se va mezclando. Todos los condensadores, van trabajando a incrementos de presión hasta descargar en el tanque decantador S-1, donde por decantación se separa el líquido orgánico y el agua purificada. Toda esta serie de condensadores, así como el tanque decantador -- pueden ser de acero al carbón, así como las partes fijas de bombas y válvulas, las partes móviles serán de acero 410.

La corriente de agua producida, sirve para condensar parte de los vapores generados desde los separadores, estos condensadores serán de acero al carbón o bronce. Las líneas pueden ser de fierro al carbón.

Purificación por extracción con solventes.-

Como la mayoría de solventes más adecuados para este tipo de procesos dan un pH alcalino, podemos considerar a este proceso como un sistema que maneja álcalis.

Dependiendo del pH y la temperatura se pueden sugerir una variedad muy grande de materiales; pero suponiendo que las condiciones no son muy críticas se puede sugerir para -- los cuerpos de las columnas tanto de extracción como de agotamiento fierro al níquel o Hastelloy.

En las columnas de extracción de platos pueden ser de acero austenítico por ejemplo del tipo 304, para que pueda resistir las condiciones de operación. La columna de reflujo puede ser de acero al níquel.

Las líneas de flujo pueden ser de fierro al níquel o fierro al carbón.

Los cambiadores de calor a base de paredes de transferencia deben ser hechos de un material resistente y que tenga un buen coeficiente de transferencia de calor como cual--

quier variedad de bronce. Los cambiadores de calor por contacto directo pueden ser de los mismos materiales o de acero austenítico, importando más su resistencia a la corrosión que su coeficiente de transferencia de calor.

Las partes de bombas y válvulas pueden de fierro al silicio en sus cuerpos y en sus partes móviles acero austenítico.

Congelamiento por hidratación con propano.-

En este proceso, la corrosión es mínima debido a su baja temperatura de operación.

Como en los procesos anteriores seguiremos la descripción del proceso a partir de la alimentación. El agua de mar es alimentada al sistema hacia unos cambiadores de calor, en donde intercambia su calor con la salmuera de deshecho y el producto puro. Estos cambiadores pueden ser de fierro al cromo o aluminio, para que tenga buena resistencia a la corrosión y un buen coeficiente de transferencia de calor.

El reactor de formación de hidrato, puede ser de acero al bajo carbón, que es el adecuado para resistir bajas temperaturas y corrosión por abrasión, además de tener una gran resistencia mecánica. De aquí una bomba inyecta la salmuera con el hidrato al tanque de filtración y lavado, el cual debe ser de acero al carbón.

Las turbinas de compresión de gas propano pueden ser hechas de una aleación a base de Ni-Cr-Fe del tipo Hastelloy o de acero inoxidable de tipo austenítico, para asegurar que tenga un funcionamiento adecuado y vida larga, ya que si se usa otro material puede estar expuesto a corrosión por abrasión y posterior ataque.

En el reactor de descomposición de hidrato puede ser de acero al alto silicio, ya que aquí es necesaria una gran resistencia tanto mecánica como química.

Todas las líneas pueden ser de fierro al carbón.

Congelamiento al vacío y compresión de vapor.-

En este proceso como en el anterior, la corrosión es pequeña, ya que las temperaturas de operación son bajas y la actividad corrosiva de la salmuera es baja.

De acuerdo con el diagrama, la alimentación se deaerea en una columna que opera a baja presión, esta columna puede ser de acero al carbón con alto contenido de níquel recubierta con hule y espaciada con anillos de cerámica. Las paredes deben ser lo suficientemente gruesas para soportar el vacío a que se trabaja. La corriente al salir del deaerador es inyectada por una bomba centrífuga a unos cambiadores de calor para intercambiar su calor con las corrientes de deshecho y producto puro.

Todas las bombas en el proceso pueden ser de fierro fundido con alto contenido de silicio en sus partes fijas y de acero inoxidable tipo austenítico en sus partes móviles. Los cambiadores de calor deben ser de aluminio para poder lograr buenos coeficientes de transferencia de calor.

Los cuerpos del precongelador, hidroconvertidor y tanque lavador serán de acero al bajo carbón. Los compresores, agitadores y ventiladores de Hastelloy o acero austenítico, para obtener una buena resistencia mecánica contra la abrasión.

Los serpentines de enfriamiento y la unidad de refrigeración deben ser hechos de bronce o metal admiralty con objeto de lograr una buena transferencia de calor. Dentro de este sistema de refrigeración para inhibir de corrosión puede usarse el cromato de sodio.

Las tuberías que transportan salmuera con hielo, así como la canasta de fusión deben ser de acero al cromo o aleación tipo Hastelloy, debido a que los cristales de hielo al fluir actúan como pequeñas lijas generando corrosión en materiales de poca resistencia. El resto de las líneas, puede ser de fierro al carbón.

Congelamiento directo con propano.-

Este proceso es semejante a los anteriores, porque se basa en el principio de formación de pequeños cristales de hielo a partir del agua de mar.

Siguiendo la línea de alimentación tenemos que entra - esta a un generador, el cual debe ser de acero al cromo o níquel, pudiendo ser recubierto de hule y empacado con anillos de cerámica, también pueden ser de aleación a base de aluminio. El objeto de estos materiales es evitar el ataque de los gases incondensables que en él se eliminan.

Posteriormente se pasa la alimentación a unos filtros de arena, los cuales deben ser de acero al carbón con un contenido pequeño de molibdeno, para resistir la abrasión sobre sus partes. La corriente posteriormente se mezcla con el butano, pasando a un cambiador donde intercambian calor con la salmuera de deshecho y el producto puro, este cambiador puede ser de aluminio o fierro al cromo.

La corriente entra al cristizador, donde se forman - pequeños cristales de hielo por formación de vapor de butano, aquí es necesario que las paredes del recipiente sean de un material de alta resistencia mecánica como el acero al bajo carbón, lo mismo que las tuberías y el equipo donde se lava y se funde la salmuera, para poder resistir la abrasión que puedan producir los cristales de hielo.

El butano se va hacia los compresores, los cuales deben estar hechos en sus partes móviles de acero austenítico, y en sus partes fijas de acero austenítico o acero al bajo carbón templado, para evitar que el calentamiento excesivo de estas partes pueda producir corrosión intergranular.

Parte del producto fundido con algo de cristales va al condensador fundido, del cual sale la corriente de producto totalmente fundida hacia los desbutanizadores y por último hacia los filtros de carbón, ambas partes pueden ser hechas de acero al carbón.

Las bombas y válvulas en sus partes fijas pueden ser hechas de de hierro al alto silicio y de acero inoxidable en partes móviles.

Electrodialisis.-

En este proceso las características de los materiales varían un poco con respecto de los anteriores, ya que como la fuente de energía es corriente eléctrica, ésta no podrá ser transportada por soluciones de pH neutro, por lo tanto se tratará con soluciones fuertemente ácidas.

La alimentación de agua de mar se hace junto con pequeñas cantidades de permanganato de potasio, de aquí la corriente pasa al filtro de zeolita, que puede ser de acero al carbón recubierto con un material plástico; así como los tanques de agua pura y deshecho que se encuentran al final del proceso.

El tanque donde se acidifica la alimentación es necesario que sea de acero con alto contenido de cromo del tipo -- Hastelloy, ya que manejará soluciones con pH entre 2 a 3.

De aquí pasa a las unidades de electrodialisis, las -- cuales son de acero inoxidable del tipo austenítico y sus ánodos de grafito. Las membranas catiónicas permeables son de composición vinil-sulfónica y las permeables a los aniones son a base de poliamidas.

Los descarbonizadores deben ser de acero al bajo carbón o aleación a base de aluminio para poder resistir el ataque el dióxido de carbono.

Todas las líneas que contengan ácidos débiles pueden estar forradas de cloruro de vinilo o poliestireno, los tanques de las unidades desalinadoras pueden ser recubiertos de hule o vitrificados, así como las líneas de flujo internas.

Las bombas que manejan corrientes concentradas deben ser de hierro al alto silicio en sus partes fijas y en sus partes móviles de acero lubricadas con grafito.

Osmosis reversible.-

En este método no hay condiciones críticas de operación, ya que la energía usada es solo presión, tampoco hay condiciones extremas de pH, por lo tanto no se presentan fuertes ataques de corrosión en el proceso.

El tanque de almacenamiento puede ser de acero al carbón, lo mismo que el filtro de arena subsecuente.

Los medidores de flujo para que su precisión sea más exacta pueden ser de acero austenítico, bronce, monel, etc. según la presión de trabajo tratándose ya sea de placas de orificio, toberas, etc. Si las condiciones de operación requieren otro material más resistente, se pueden hacer de acero al carbón reforzado con cromo mediante el proceso llamado Stellite, que es el de bombardear con pequeñas partículas de cromo sobre la superficie del metal que se va a proteger.

La bomba de alimentación puede ser en sus partes fijas de hierro al silicio y en sus partes móviles de acero inoxidable. En este tipo de procesos es necesario un sistema de bombeo gemelo, ya que es una parte vital para un buen funcionamiento del sistema.

Para evitar que los productos de corrosión hagan variar las propiedades de las membranas, el cuerpo de la celda debe ser hecho de titanio, monel, níquel, Hastelloy, acero inoxidable tipo austenítico, zirconio o aluminio anodizado; pudiendo ser usados protectores catódicos de zinc o magnesio. Las membranas osmóticas pueden ser de acetato de celulosa con pequeñas adiciones de perclorato de magnesio y cloruro de calcio, también pueden ser a base de alcohol polivinílico copolimerizando con metil-vinil-éter y anhídrido maléico soportadas sobre celofán o poliestireno. Los soportes para estas membranas pueden ser de acero, monel, titanio o cerámica.

La válvula de control de presión debe ser de acero inoxidable.

V.-ALGUNAS CARACTERISTICAS DE MATERIALES MAS EMPLEADOS EN EQUIPOS DE DESALINACION.-

Concreto.-Fue constituido a base de aluminatos de calcio $(CaO)_2Al_2O_3$, ferrita de calcio $(CaO)_2Fe_2O_3$ y silicato de calcio $(CaO)_2SiO_2$. La resistencia natural a la corrosión en este material es debida a que se forman redes complejas entre sulfatos y aluminatos, las cuales resisten algo a las soluciones acidas, pero las soluciones alcalinas las destruyen, el cemento rico en alumina resiste agentes de blanqueo como cloro y otros.

Las causas principales por las cuales un cemento sufre deterioros son:

- a).-La composición misma del cemento y su forma de preparación, ya que la cal libre del concreto tiende a reaccionar fácilmente con el anhídrido carbónico, dejando una masa porosa por formación de cloruros de calcio solubles y facilitando la entrada del agua de mar a la masa del concreto.
- b).-La acción atmosférica, la del agua y la de los gases que lo rodean, por ejemplo el sulfato y cloruro de magnesio, así como el anhídrido carbónico.
- c).-Las deformaciones volumétricas causadas por concentraciones de esfuerzos y esfuerzos internos causan grietas, que son el principio del desmoronamiento del material ayudado -- por la humedad del ambiente.
- d).-Los cambios de temperatura también pueden causar fisuras en el concreto debido a que su coeficiente de expansión cúbica de éste no es homogéneo.
- e).-Las grietas en el material facilitan el ataque de líquidos y gases al acero interno, causando la falla total del sistema a base de concreto armado. Este mismo efecto se manifiesta cuando el material colado queda semiporoso, fácilmente se genera corrosión electrolítica en el metal.
- f).-Las incrustaciones de carbonato de calcio y magnesio pueden ocasionar ataques a los inertes del concreto, disminuyendo su resistencia y dejando el paso libre al ataque del acero.

h).-La presencia de microorganismos puede originar hidrólisis de tipo ácido que ataca fácilmente al concreto.

Para evitar todo esto es necesario controlar la proporción de cada uno de los componentes; los cuales deben ser ricos en sílice y pobres en alumina y óxido de fierro, que dentro de los finos que se agreguen es necesario evitar al máximo la adición de cloruros, además de evitar la adición de sales que por hidrólisis pueden dar carácter ácido a la mezcla.

La temperatura de fraguado nunca debe ser superior a 50°C.

Recubrimientos no metálicos.-Dentro de este tipo podemos incluir el asfalto, hule, plásticos vinílicos, poliestirenos, plásticos acrílicos y los recubrimientos de tipo vidrioado y cerámicos.

Todos estos los podemos considerar inertes a la corrosión a bajas temperaturas por acción de cloruros; se usan para recubrir metales que puedan ser atacados por el medio ambiente y causarnos corrosión. A altas temperaturas estos materiales se funden y dejan de actuar como agentes protectores.

En ambientes oxidantes, el único material que puede sufrir roturas en su molécula es el hule, debido a oxidaciones de sus dobles ligaduras que tiene libres, para evitar esto, se agregan antioxidantes.

Fierro colado.-Sus propiedades varían según la aleación de que se trate. La mayoría de estas están sujetas a corrosión se grafiticamente. (este tipo de corrosión se lleva a cabo sin variación aparente en su superficie) o sea, que es necesario al usarlas esta clase de aleaciones protegerlas catódicamente. Los principales tipos de fierro colados son:

a).-Fierro colado gris.-Es seleccionado a veces para ciertos usos debido a su bajo costo y facilidad en el fundido y molida, su densidad promedio es de 0.26 lb/in³, dependiendo de

su contenido de grafito, es capaz de absorber vibraciones, pero no tiene resistencia al choque. Cuando está en presencia de agua de mar se promueve la corrosión grafitica, se usa generalmente en equipo que maneja ácidos a alta concentración y en cuerpos de maquinaria.

b).-Fierro colado blanco.-En esta aleación el carbón está combinado con el fierro formando cementita, que lo hace ser duro y quebradizo, no es dúctil, presenta superficies quebradizas y duras. Generalmente se emplea en sistema sometidos a mucha abrasión y donde se necesita una alta resistencia al desgaste, por ejemplo en molinos de bolas, en algunos tipos de impulsoras para líquidos con sólidos en suspensión, etc.

c).-Fierro colado dúctil.-Posee gran dureza, resistencia al uso y la corrosión, tiene una alta maquinabilidad, se usa en piezas autométricas, en la agricultura y en la industria como parte de compresoras, válvulas, bombas, pistones, etc.

d).-Fierro colado al silicio.-Tiene una excepcional resistencia química pero poca resistencia al impacto, se usa en bombas, válvulas, eyectores, ventiladores, tubos, accesorios, tanques, etc., generalmente contiene un 12% de silicio como máximo, ya que más arriba, se produce un material duro y -- quebradizo. Su resistencia a la corrosión depende de la formación de una película que pasiva el metal; el uso de este metal en medios ácidos o alcalinos fuertes no se recomienda, debido a que se destruye la película que pasiva el metal fácilmente.

El agua de mar es ligeramente agresiva. Es muy usada en esta aleación en líneas de flujo, bombas, válvulas y accesorios que manejen líquidos con sólidos en suspensión.

e).-Fierro colado al níquel.-Si el fierro colado al silicio se le agregan pequeñas cantidades de níquel obtenemos una aleación de magnífica resistencia química y mecánica, este tipo de aleaciones se les llama Hastelloy.

1).-Hastelloy B.-Tiene buena resistencia al ácido clorhídrico. Si tiene además esta aleación Ni-Vo se logran mejorar las

propiedades mecánicas y térmicas, pudiéndose usar en sistemas para tratar agua de mar sin sufrir ataques, se usa en bombas, válvulas, accesorios, etc.

2.-Hastelloy C.-La combinación Ni-Cr-Mo, da una excelente resistencia a la oxidación media. El balance de esta aleación, ha hecho de ella la más resistente de todas las conocidas, -teniendo magnífica resistencia al agua de mar.

Se usa en recipientes a presión, bombas, válvulas y accesorios y en piscas coladas que requieran alta resistencia.

3.-Hastelloy D.-Tiene buenas propiedades mecánicas, tiene moderada resistencia a los ácidos, tiene una excelente resistencia al agua de mar.

4.-Ni Resist.-Tiene una gran resistencia a la oxidación, calor y esfuerzos, tiene buena maquinabilidad, es fácil de fundirse, su expansión térmica puede ser controlada, el contenido de níquel va de 13.5 a 36%. El agua salada o carbonatada causa ligera corrosión, las soluciones alcalinas no le afectan, tiene alta resistencia a la abrasión; adicionando un poco de manganeso al material, este se vuelve dúctil.

5.-Ni Hard.-Es muy difícil de maquinar, su expansión térmica es baja, resiste más que otros fierros colados, pero menos que el Ni Resist.

Aceros inoxidable.-Es el nombre genérico de las aleaciones que contienen entre 12 a 30% de cromo y de 0 a 22% de níquel y además pequeñas cantidades de carbón, coulombio, cobre, molibdeno, selenio, azufre, tántalo, titanio y traza de otros elementos. Esta clase de materiales pueden ser trabajados desde 300°F hasta 1800°F, habiendo un material adecuado para cada rango; se pueden clasificar en tres grandes -- grupos:

a).-Aceros austeníticos.-Contiene entre 12 a 20% de cromo, su conductividad térmica es baja (menor que la de los aceros al carbón), el coeficiente de expansión térmica es bajo, es ligeramente magnético, tiene buenas propiedades mecánicas y buena resistencia a la corrosión atmosférica, agua, vapo-

res industriales, ácidos y bases. Tiene buena resistencia contra la incrustación aún arriba de los 1200°F, los más importantes de este grupo son:

- 1.-Tipo 410.-Tiene moderada resistencia mecánica, tiene alta resistencia química y dureza, se usa comúnmente en válvulas y bombas.
 - 2.-Tipo 403.-Es más cuidadosamente procesado que el 410 y se usa principalmente en partes móviles de turbinas que trabajan a alta velocidad.
 - 3.-Tipo 416 y 416Se.-Son fácilmente maquinables, tienen ductibilidad y resistencia a la corrosión, la cual es disminuida con la adición de selenio y azufre.
 - 4.-Tipo 414.-Contiene 2% de níquel, lo cual mejora sus propiedades mecánicas e incrementa la resistencia a la corrosión y abrasión.
 - 5.-Tipo 420.-Es extremadamente duro, resiste la abrasión y corrosión, se usa en flechas, engranes, pivotes, cuchillas, etc.
 - 6.-Tipo 431.-Tiene máxima resistencia a la corrosión, es semejante al 414 solo que con mayor contenido de cromo.
 - 7.-Tipo 440.-Es el más duro, debido a su contenido de carbón, su ductibilidad decrece con respecto de los anteriores, tiene máxima resistencia a la abrasión, es usado en la manufactura de molinos de bolas, asientos de válvulas, etc.
- b).-Aceros ferríticos.-Su contenido de cromo está entre el 15 al 30%, sus características son semejantes al grupo anterior, solo que es más dúctil, se puede usar para hacer herramienta que trabaje a alta velocidad, la máxima ductibilidad la alcanza el material entre 200 y 300°F, los tratamientos térmicos no son adecuados.

Pueden producirse pequeñas fisuras cuando se ponen en contacto prolongado con el agua de mar y en general con cualquier solución de cloruros, los más importantes en este grupo son:

- 1.-Tipo 405.-Es fácil de soldarse, se usa en espas de turbina.

2.-Tipo 430.-Tiene una excelente resistencia a la corrosión arriba de 1500°F, es el de mejor resistencia del grupo, las adiciones de azufre y selenio incrementan su maquinabilidad, ductibilidad y formado.

3.-Tipo 446.-Resiste la corrosión a altas temperaturas arriba de 2000°F inclusive, se usa en partes de hornos y calderas.

c).-Aceros austeníticos.-Es el más común de los aceros inoxidable, contiene de 16 a 26% de cromo y de 6 a 22% de níquel, el contenido de carbón es controlado para evitar su precipitación, tiene baja conductividad térmica, no es magnético, es extremadamente duro y dúctil, puede operar a altas temperaturas y a bajas sin peligro de sufrir roturas, - sin embargo, al se calienta lentamente entre 800 a 1600°F, se precipitan gránulos de carbón y el material resultante puede quedar expuesto a sufrir corrosión intergranular, sin embargo, su resistencia natural lo hace útil para muchos -- servicios ya que puede ser fácilmente maquinado, teladrado, etc.

La pérdida de resistencia a la corrosión por precipitación de carburo de cromo es minimizada por la adición de pequeñas cantidades de titanio, colombio o tántalo; la aleación base de 18-8 de Cr-Ni puede ser atacada por el agua de mar por picado, la sosa concentrada tiende a causar corrosión en los lugares sometidos a esfuerzos. Los principales tipos de este grupo son:

1.-Tipo 301.-Soporta altos esfuerzos, se usa normalmente en carrocerías de automóviles y camiones.

2.-Tipo 302.-Tiene buena resistencia química, es usado para construcción de equipo químico y mecánico. Adicionándole selenio y azufre se aumenta su maquinabilidad.

3.-Tipo 303.-Tiene excelente formabilidad.

4.-Tipo 304.-Tiene excelente resistencia al ataque de ácidos, las bases fuertes y débiles no tienen sobre él ningún efecto.

5.-Tipo 308, 309 y 310.-Tienen excelente resistencia al calor, los tipos 309 y 310 resisten la oxidación arriba de 2000°F, se

usan en máquinas de combustión interna, calentadores y turbinas.

5.-Tipos 316, 316L y 317.-Tienen los más altos grados de resistencia química, la cual es aumentada con trazas de molibdeno; el 316L, como tiene un máximo de 0.3% de carbón, es inmune a la corrosión intergranular cuando está expuesto a ataque químico natural.

6.-Tipos 321, 347 y 348.-Contiene tántalo y columbio, los cuales se combinan con el carbón para estabilizarlo y evitar su precipitación.

Aceros al carbón.-Son materiales duros, cuya dureza y ductibilidad disminuyen con el aumento de carbón, el manganeso aumenta su resistencia superficial y su maquinabilidad; se corroe fácilmente por el agua de mar si no está debidamente protegida. En términos generales, su resistencia a los agentes exteriores depende del grado de impurezas que contenga y el grado de agresividad del medio en donde se encuentre.

El cromo le da algo de dureza y su resistencia, retardando algo el ataque de corrosión, el vanadio le aumenta las propiedades mecánicas, pero no es conveniente usar este tipo de aleaciones a altas temperaturas, ya que los óxidos de vanadio son poderosos catalizadores de oxidación.

Es aplicable este material en servicios donde se necesita alta resistencia al impacto a baja temperatura y resistencia a la abrasión. Es usado en columnas de destilación, calentadores, convertidores, generadores de vapor, etc.

Aluminio y sus aleaciones principales.-Es un material excelente para reflejar la luz, no es tóxico, no es magnético, tiene buen coeficiente de conductividad térmica, por eso es muy empleado en equipos de transferencia térmica.

Su protector natural es su propio óxido, el cual es un buen aislante. El problema del aluminio es que a elevadas temperaturas decrecen rápidamente sus propiedades, arriba de 300° F tiene la tendencia a corroerse galvanicamente.

Tiene excelente resistencia a atmósferas marinas e industriales, por eso es usado en la construcción de ventiladores; trabaja perfectamente en un rango de pH de 4.5 a 8.5.

La aleación más importante es la de Si-Al, la cual tiene buenas propiedades para colarse; aleado con cobre se obtienen buenas propiedades de resistencia mecánica y a la corrosión; con manganeso, la aleación de Si-Al adquiere muy buenas propiedades antioxidantes.

Cobre y sus aleaciones principales.-El cobre tiene excelente resistencia al ataque de atmósferas industriales, marinas y rurales. Resiste el ataque de aguas carbonatadas por efecto de formación de una película protectora de carbonato de cobre básico, resiste el agua de mar y evita la formación de películas adheridas de organismos marinos a las paredes hechas de este material.

Es atacado por materiales oxidantes, resiste el ácido clorhídrico diluido, el ácido fosfórico no lo ataca, las sales alcalinas e hidróxidos lo atacan muy lentamente, los ácidos orgánicos en presencia de aire lo atacan rápidamente.

Sus principales usos son en cambiadores de calor, evaporadores, condensadores y tubos.

Las aleaciones más importantes son toda la variedad de bronce, que son principalmente diversas combinaciones a base de cobre y zinc, los tipos de bronce principales son:

	Cobre	Zinc	Otros
Bronce rojo	85	15	
Bronce bajo	80	20	
Bronce al aluminio	76	22	Al 2.0%
Metal admiralty	71	28	Sn 1.0%
Bronce amarillo	65	35	
Metal muntz	60	40	
Bronce naval	60	39.5	Sn 0.5%
Bronce al manganeso	58.5	39	Sn 1.0%
			Mn 0.5%
			Fe 1.4%

Todo está expuesto a corrosión por deszinificación, para evitar esto, se agregan pequeñas cantidades de Sb, As o P, los cuales actúan como inhibidores de corrosión, esto puede ocurrir en medios alcalinos, neutros o ligeramente ácidos.

Las diversas variedades de bronce tienen gran aplicación en tuberías, condensadores, radiadores, válvulas de vapor, herramientas, etc. Los más adecuados para ser usados en equipos que manejan agua de mar son: el metal admiralty (ya que resiste corrientes hasta de 3 ft/seg) y el bronce aluminio (que soporta velocidades de flujo de 7 ft/seg). El bronce al manganeso tiene buenas propiedades mecánicas, pudiendo ser usado en partes móviles de bombas y válvulas.

Si se le hacen pequeñas ediciones de silicio a cualquier bronce, esto puede aumentar su resistencia mecánica, en algunos casi tanto como el acero al carbón, siendo muy resistente a atmósferas rurales, marinas e industriales. Es susceptible a corrosión intergranular por efecto del vapor a alta presión.

La aleación cobre-aluminio tiene buena resistencia al esfuerzo y a la corrosión, el bronce al aluminio tiene buenas aplicaciones en tuberías, partes de bombas, válvulas, --propelas, etc.

Otro tipo de aleaciones muy importantes son las cupro-níquel, pudiendo ser incrementada su resistencia con el aumento en níquel; es capaz de trabajar en un rango entre 700 a 300°F, tienen una gran resistencia al agua de mar, dependiendo ésta de la película protectora que se le forma en la superficie del metal, aumentando su resistencia con la adición de pequeñas cantidades de fierro, puede soportar sin variaciones apreciables corrientes hasta de 15 ft/seg. Sus principales aleaciones son:

	Cobre	Níquel	Fierro	Otros
Cupro-níquel 10%	88.3	10.0	1.3	Mn 0.4
Cupro-níquel 30%	68.9	30.0	0.5	Mn 0.6

Los ácidos no atacan a este tipo de aleaciones a excepción del nítrico y sustancias altamente oxidantes. Tiene una excelente resistencia al agua de mar, se usa en condensadores, evaporadores, placas, tubos y equipo en general.

Titanio y zirconio y sus aleaciones principales.-

Titanio.-Tiene una densidad entre el aluminio y el acero inoxidable, puede ser trabajado entre 1450-1800°F, tiene una alta resistencia a la corrosión, ya que se forma sobre la superficie del metal una película de óxido protector muy resistente.

Es magnífico su resistencia a atmósferas marinas, superando a la del acero inoxidable, monel y cupro-níquel, puede sufrir corrosión por erosión o picado, es resistente a -- todas clases de agentes químicos incluso los oxidantes a excepción de cloruro de aluminio y cloro seco.

Sus principales aleaciones son con aluminio, cromo, hierro, molibdeno y vanadio; impartiendo una ligereza en peso y una resistencia mecánica y a la corrosión bastante buena.

Zirconio.-Es más pesado que el titanio, pero más ligero que el acero inoxidable, su conductividad eléctrica es muy baja (3% de la del cobre). Tiene propiedades semejantes al titanio.

Sus aleaciones se usan principalmente en la construcción de plantas de fuerza nuclear. Este tipo de aleaciones son a base de Hf, Sn, Fe, Ni, etc.

ALGUNAS CARACTERISTICAS DE MATERIALES SOBRE R

MATERIALES	COMPOSICION PRINCIPAL	CORROSION ANUAL EN AGUA DE MAR. (CON- DICIONES NORMALES)	RESISTENCIA A LA CORROSION POR AGUA DE MAR (12% MAXI- MO).	
			NORMAL.	CONCENTRADA.
CONCRETO	Aluminatos (CaO)-Al ₂ O ₃ Ferritas (CaO) ₂ Fe ₂ O ₃ Silicatos (CaO) ₂ Si O ₂	Varia segun las con- centraciones de Ca - (OH) ₂ libre que con- tiene, y las concen- traciones de CO ₂ , Mg Cl ₂ y Mg(SO ₄) que - tenga el cemento.	buena	mala
MADERAS PLASTIFICADAS	Polimeros organicos.	Generalmente son - - inertes al agua de - - mar.	muy buena	buena
VIDRIO	Silicatos.	Generalmente es inerte al agua de mar.	muy buena	muy buena
PIEDRA SOLIDA				
	Si Ca Mg Ni			
a) Gris	3.4 2.2 0.15	0.11 pulg/año	regular	mala
b) Blanco	3.5 1.2 0.80	0.10 pulg/año	buena	regular
c) Ductil	3.7 2.4 0.4 0.05 0.50	0.085 pulg/año	buena	buena
d) Al Si Licio.	0.85 1.5 0.65	0.008 pulg/año	muy buena	buena
ACERO AL - NIQUEL	Ni Cr Mo Cu Fe C			
A) Hastelloy B	61 1.0 28.0 6.5 0.05	0.0012 pulg/año	muy buena	muy buena
B) Hastelloy C	54 15.5 16 5.5 0.03	0.0013 pulg/año	muy buena	muy buena
C) Hastelloy D	82 2.0 3.0 2.0 0.12	0.0006 pulg/año	muy buena	muy buena
D) Ni-Ra- alst.	51.5 4.0 21-5.5 0.5 3.0	0.0008 pulg/año	muy buena	muy buena
E) Ni-Hard.	4.35 2.45 31- 0.55 0.55 3.3	0.0009 pulg/año	muy buena	muy buena

MATERIALES SOBRE RESISTENCIA A LA ACCION MARINA.

MATERIALES (CON- TOS) -	RESISTENCIA A LA CORROSION POR AGUA DE MAR (12% MAXI- MO).		TIPO DE CORROSION MAS COMU- N	POSIBLE PROTECCION.
	NORMAL.	CONCENTRADA.		
con- Ca - con- onen- O ₂ , Mg -	buena	mala	Disgregacion del material - por reaccion del Ca (OH) ₂ - libre, o hidroxido causada por microorganismos.	La mezcla debe contener un alto porcentaje de silicatos.
an - - na de-	muy buena	buena	Por accion de compuestos - - oxidantes o altas temperatu- ras.	
o inheg - ar.	muy buena	muy buena		Evitar cambios bruscos de tempera- tura y choques.
	regular	mala	grafitica	Recubrimientos catódico o con pinturas.
	buena	regular	grafitica causada por es- - fuerzo de corrosión.	Recubrimientos catódico o con pinturas.
	buena	buena	grafitica causada por es- - fuerzo de corrosión.	Recubrimientos catódico o con pinturas.
	muy buena	buena	grafitica causada por es- - fuerzo de corrosión.	Recubrimientos catódico o con pinturas.
	muy buena	muy buena	por accion de altas concen- traciones de cloro.	Pasivar su superficie por trata- miento con un oxidante.
	muy buena	muy buena		
	muy buena	muy buena	por accion de agua carbona- tada.	Desaerar el agua.
	muy buena	muy buena		

IDENTIFICACION	C	Cr	Otros.					
410	0.15	12.5			0.070 pulg/año	buena	regular	por efecto
403	0.15	12.25	Si 0.50		0.050 pulg/año	may buena	buena	por efecto
416	0.15	13.0	Mn 1.25		0.045 pulg/año	may buena	buena	por efecto
414	0.15	12.5	Ni 1.9		0.040 pulg/año	may buena	buena	por efecto
420	0.15	13.0			0.036 pulg/año	may buena	buena	por efecto
431	0.20	16.0			0.030 pulg/año	may buena	buena	por efecto
440	0.75	17.0	Mo 0.75		0.055 pulg/año	may buena	buena	por efecto
RESISTIVO	C	Cr	Otros.					
405	0.08	13.0	Al 0.20		0.075 pulg/año	buena	buena	por efecto
430	0.10	17.25	Mo 0.6		0.069 pulg/año	may buena	buena	efecto corrosi
446	0.2	25.0	Mn 1.5		0.01 pulg/año	may buena	may buena	
RESISTIVO	C	Cr	Ni	Otros.				
301	0.15	17	7		0.09 pulg/año	buena	regular, - malo arriba de 800°F	corrosi
302	0.15	18	9	Si 2.5	0.08 pulg/año	buena	regular	corrosi
304	0.08	19	10		0.068 pulg/año	may buena	regular	corrosi
310	0.25	25	20.5	Si 1.5	0.0070 pulg/año	may buena	may buena	ataque
316	0.08	17	12	Mo 2.5	0.0070 pulg/año	may buena	may buena	ataque
AL CARBON	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	
Standard	0.7	.02	.31	.11	.06			0.006 pulg/año
Carbono	.08	.19	.40	.05	.01	.03	6	0.003 pulg/año
ALUMINIO	Al	Si	Fe	Mn	Mg			
70	99.6	0.25	0.35	0.02	0.03			0.0005 pulg/año

0.70 pulg/año	buena	regular	por efecto galvánico intergranular	protección catódica o pasivado.
0.50 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.5 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.40 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.36 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.30 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.25 pulg/año	may buena	buena	por efecto galvánico intergranular	pasivado.
0.15 pulg/año	buena	buena	por efecto del ión cloro	pasivado.
0.069 pulg/año	may buena	buena	efecto galvánico por esfuerzos de corrosión	pasivado.
0.01 pulg/año	may buena	may buena		
0.09 pulg/año	buena	regular, - malo arriba de 800°F	corrosión intergranular	protección catódica o pasivado.
0.08 pulg/año	buena	regular	corrosión intergranular	protección catódica o pasivado.
0.068 pulg/año	may buena	regular	corrosión intergranular	protección catódica o pasivado.
0.0070 pulg/año	may buena	may buena	ataque químico regular.	protección catódica o pasivado.
0.0070 pulg/año	may buena	may buena	ataque químico regular.	protección catódica o pasivado.
0.006 pulg/año	buena	mala	corrosión grafitica	protección catódica
0.003 pulg/año	may buena	regular	corrosión galvánica	
0.0005 pulg/año	may buena	buena	ataque por esfuerzos de corrosión.	no trabajarlo fuera del rango de pH 4.5 a 8.5 y pasivar su superficie.

	Cu	Zn	Sn	Si	Pb	Ag	Otros			
comercial	96			2.9	0.09			0.0019 pulg/año	muy buena	buena
elicio	91	2.5	1.0	3.5	1.25			0.0001 pulg/año	muy buena	buena
rojo	35	15						0.0004 pulg/año	muy buena	buena
merillo	69.7	30						0.0023 pulg/año	muy buena	regular
aluminio	76	22				.02	Al 2	0.0008 pulg/año	muy buena	buena
Admiralty	70	29	1					0.0015 pulg/año	muy buena	buena
hants	59	40	0.6		0.4			0.005 pulg/año	muy buena	buena
									extraordinaria	extrao
									extraordinaria	extrao

	Ag	Otros				
			0.0019 pulg/año	muy buena	buena	ataque por sustancias oxidantes
			0.0001 pulg/año	muy buena	buena	ataque por sustancias oxidantes
			0.0004 pulg/año	muy buena	buena	desinfección
			0.0023 pulg/año	muy buena	regular	desinfección
	.02	Al 2	0.0008 pulg/año	muy buena	buena	Desinfección ligera
			0.0015 pulg/año	muy buena	buena	desinfección
			0.005 pulg/año	muy buena	buena	desinfección
				extraordinaria	extraordinaria	antopasivado
				extraordinaria	extraordinaria	antopasivado

VI.-CONCLUSION.-

Una vez hecha una revisión general sobre algunos de los más importantes procesos que podrían ser utilizados para la desalinación de agua de mar en nuestro país, es necesario hacer una clasificación acerca de las posibilidades de los mismos, desde el punto de vista de la posible disponibilidad de materiales que reúnan las especificaciones y cualidades adecuadas para ser utilizados con resultados satisfactorios en esta clase de proyección.

En esta clasificación se pueden considerar cuatro grandes grupos de procesos dentro de los cuales pueden ser incluidos los métodos anteriormente descritos, siendo:

a).-Evaporación.-Es interesante mencionar el proceso de evaporación solar, ya que es posible de llevarse a cabo en cualquier parte que se cuenta con suficiente energía solar, debido a que los materiales de construcción son muy comunes.

El resto de los procesos correspondientes a este grupo, ofrece dificultades debido a que sus materiales de construcción no son fácilmente adquiribles (resultando además de alto costo); además, como se opera en condiciones extremas el equipo, la posibilidad de que se produzcan ataques de corrosión al equipo es mayor, principalmente en las áreas donde se efectúa la transferencia de calor.

Los materiales de más difícil adquisición son las aleaciones cromo-níquel, ya que en nuestro país difícilmente se logran aleaciones de este tipo con características satisfactorias. También otro tipo de aleación muy elaborada es la -- que se usa en los generadores de esta clase de equipos.

Estas podrían ser unas de las razones por las cuales el montaje de una planta desalinadora de este tipo sería a alto costo, que quizá en nuestro país no sería justificado económicamente.

b).-Congelamiento.-En este tipo de procesos los problemas de corrosión se simplifican bastante debido a las condiciones en que operan dichos equipos.

El factor más importante que debe ser tomado en cuenta en la selección de materiales de construcción para este tipo de procesos, es el tipo de acero al carbón que se desee usar, ya que debe tener una resistencia satisfactoria al impacto - en frío, ya que esta clase de aleaciones cuando se elaboran defectuosamente, tienden a cristalizarse y romperse al impacto cuando se trabajan a bajas temperaturas.

El resto del proceso puede elaborarse con materiales susceptibles de obtenerse de buena calidad.

Por lo tanto, los procesos incluidos dentro de este grupo valdría experimentar un poco más sobre ellos, ya que presentan ciertas ventajas con respecto de los otros, pudiendo ser viable su aplicación en escala comercial.

c).-Electrodiálisis.-En este proceso, el problema más importante es el que presentan las unidades desalinadoras, debido a que requieren de membranas desalinadoras selectivas, las cuales son muy elaboradas y aún nuestros fabricantes nacionales no las hacen, por lo que tendrían que ser importadas, lo cual aumentaría considerablemente el costo del proyecto de esta clase.

El resto del proceso no presenta dificultades no obstante que se manejan soluciones ácidas, las cuales están a temperatura ambiente; o sea, que si se toman las protecciones adecuadas, estas soluciones pueden ser manejadas en equipo - material común y corriente de acero al carbón.

d).-Osmosis.-En este proceso, al igual que el anterior se -- presente el mismo problema de las membranas que necesita el proceso. El resto de las partes resulta sencillo su planificación.

Después de hacer un análisis somero y netamente cualitativo, sobre el uso de materiales en los métodos de desalinación descritos, podemos ver que los principales obstáculos económicos para un posible proyecto de esta naturaleza son:

a).-El alto costo que requieren como inversión inicial prin-

principalmente los procesos de evaporación.

b).-El alto costo de podría representar las membranas usadas en electrolisis y óxido reversible.

En lo que respecta al resto de materiales necesarios para la construcción de este tipo de equipos, pueden ser obtenidos en nuestro país con una calidad aceptable.

VII.-BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Spiegler K. S. "Principles of Desalination". Academic -- Press. London. 1966.
- 2.-Howard R. "The Marine Corrosion Handbook". Mc Grw Hill. New York. 1960.
- 3.-Speller. "Corrosion Causes and Prevention". Mc Graw Hill. New York. 1951.
- 4.-Ulrich R. Evans. "An Introduction to Metallic Corrosion. Ed ward Arnold Publishers Ltd. London. 1963.
- 5.-Klinov I. "Corrosion and Protection of Materials Used in Industrial Equipment". Consultants Bureau. New York. 1962.
- 6.-La Que F. L. "Corrosion Resistance of Metals and Alloys". Reinhold Publishing Corporation. New York. 1963.
- 7.-Rumford F. "Chemical Engineering Materials". Constable and Co. Ltd.. London. 1960.
- 8.-Gackenback B. "Materials Selection for Process Plants". Reinhold Publishing Corporation. New York. 1960.
- 9.-Kleinlogel. "Influencias Fisicoquimicas sobre los Hormi-gones Armados y en Masa. Editorial Labor. México. 1955.
- 10.-Uhlig H. "The Corrosion Handbook". John Wiley and Sons Inc. New York. 1958.
- 11.-Baker R. A. "Flash Evaporators". Chem. Eng. Prog. 59, 80-83 (Jun. 1963).
- 12.-Carr B. B. "Saline Water Conversion Via Extraction". - Chem. Eng. Prog. 59 (12), pag. 59-62 (1963).
- 13.-Goulaniris G. C. "Vapor Reheat Process for Water Desa-lination". Chem. Eng. Prog. 59 (12), 63-68 (1963).
- 14.-Wilke. "Direct Contact Heat Transfer for Sea Water Eva-poration". Chem. Eng. Prog. 59 (12), 69-75 (1963).
- 15.-Guccione F. "Water Desalting for Multistage Flash Des-tillation; process flowsheet". Chem. Eng. 69, 122-124 (Dic. 10. 1962).

- 16.-Othmer D. P. "Vapor Reheat Flash Evaporation without Metallic Surfaces". Chem. Eng. Prog. 57, 47-51 (En. 1961).
- 17.-"Evaporation Plants Solve Water Shortages". Chem. Eng. 61, 126-129 (Oct. 1956).
- 18.-Goodward T. "Heat Transfer in a Spray Column". Chem. Eng. Prog. 57, 52-57 (En. 1961).
- 19.-"Thin Skin Promises Economic Water Desalting". Chem. Eng. 70, 96 (April 15, 1963).
- 20.-Chopey E. P. "Water Desalting Plant to Prove out Electrolysis, process flowsheet". Chem. Eng. Prog. 62 (2) 104-106 (May. 28, 1962).
- 21.-Cohen H. J. "Electrodialysis, Equipment and Membranes; Saline Water Conversion". Chem. Eng. Prog. 57, 72-76 (1961).
22. Anta W. F. "Present Status of Electric Membranes Deameralization". Chem. Eng. Prog. 53 (4), 190-193 (1957).
- 23.-Kirkham T. A. "More fresh Water Via Membranes". Chem. - Eng. 53 (10), 185-189 (1956).
- 24.-Rosenberg H. W. "Limiting Currents in Membrane Cells". Ind. Eng. Chem. 49, 780-784 (1957).
- 25.-Smith W. "Reverse Osmosis Gains in Water Desalting Structure". Chem. Eng. 71-74 (Ag. 17, 1964).
- 26.-Bridge R. R. "Vacuum-freezing and Vapor Compression for Desalting Sea Water". Chem Eng. 71 (13), 114-116 (1964).
- 27.-Houle J. P. "Freeze-desalting of Sea Water Conversion by Freezing". Chem. Eng. 71 (1), 64-66 (1964).
- 28.-Freeze. "Desalting Route Set for Federal Progress". Chem. Eng. 69, 78-80 (Dic. 10, 1962).
- 29.-Karnofsky G. "Saline Water Conversion by Freezing with Hydrocarbons". Chem. Eng. Prog. 57, 42-46 (En- 1961).
- 30.-"Making Fresh Water for Saline Water; freeze processes; process flowsheet". Chem. Eng. 67, 152-155 (En. 13, 1960).

ANEXO.-

ALGUNOS PROVEEDORES DE EQUIPO EN MEXICO.

(Obtenidos de la Guía de la Industria Química).

Bombas Centrifugas.

Aceros Eléctricos S. A.
Crane Deming de México, S. A.
Fabricantes de Equipo de Enfriamiento, S. A. de C. V.
Maquinaria e Ingeniería, S. A.
Rasmac, S. A.
Fairbanks Morse de México S. A.

Boquilla de neperación.

Atomizadores de México S. de R. L.
Comercial Arce S. A.
Germanomex, S. A.
Yisco S. A.
Fabricantes de equipo de Enfriamiento S. A. de C. V.

Calderas de Vapor.

Bach y Dorsch S. A.
Calderas y Servicios Industriales S. A.
Equipos Importados S. A.
Univex Ingenieros S. A.

Cambiadore de calor.

American Equipment S. A.
Equipos S. A.
CSR de México S. A.
Ingeniería Termointustrial S. A.
Pfaudler Permutit S. A. de C. V.
Rasmac S. A.

Centrifugas.

Equipos de Proceso S. A.
Comercial Decalsai S. A.
Curtin de México S. A.

Columnas de destilación.

Avante S. A. Ingenieros.
CSR de México S. A.
Pfaudler Permutit de México S. A.

Compresoras.

Equipos de Proceso S. A.
Rasmac S. A.

Condensadores.

Avante Ingenieros, S. A.
FPE Sociedad Anónima.
Bosmac, S. A.
Mayekawa de México, S. A.

Desecradores.

Beta de México, S. A. de C. V.
Calligan Mexicana, S. A. de C. V.
Fabricantes Nacionales de Filtros, S. A.
Misco, S. A.
Pfaudler Permutit, S. A.

Empaquetadoras.

Industrias John Crane de México, S. A.
Louis Mulás Suca., S. A.

Evaporadores.

American Equipment, S. A.
Avante, S. A. Ingenieros.
Equipos de Proceso, S. A.
Maquinaria Mexicana, S. A.
Pfaudler Permutit, S. A. de C. V.
Tecnología Industrial Madya, S. A.

Eyectores de vapor.

Ingeniería Termointustrial, S. A.
Misco, S. A.
Univex Ingenieros, S. A.

Filtros.

Filtración, S. A.
Pfaudler Permutit, S. A.
Sparkler de México, S. A.

Juntas de Expansión.

Equipos y Servicios Industriales, S. A.
Industrias John Crane de México, S. A.
Misco, S. A.
Neofact de México, S. A.

Manómetros.

Bellows Valvair de México, S. A.
Cia. Industrial de México, S. A.
Honeywell, S. A. de C. V.
Wallace and Tiernan de México, S. A.

Medidores de Flujo.

Equipos de Proceso, S. A.
Equipos y Servicios Industriales, S. A.
Honeywell, S. A. de C. V.
Instrumentos y Controles Automáticos, S. A.
Pfaudler Permutit, S. A.

Operadores de Válvulas.

Crane Daming de México, S. A.

Opómetros.

Equipar, S. A.

Reactores.

Avante Ingenieros, S. A.
Procedores Técnicos, S. A.
American Equipment, S. A.

Tanques.

Cilindros y Tanques, S. A.
FPE Sociedad Anónima.
Pfaudler Permutit, S. A.
Struthers Wells de México, S. A.

Termómetros.

Curtin de México, S. A.
Equipar, S. A.
Ingeniería Termointustrial, S. A.
Misco, S. A.
Procedores Técnicos, S. A. de C. V.

Tubos de Acero Inoxidable.

Casa Trottner, S. A.
Casa William Mayer, S. A.
Puriti, S. A.
Sandvik de México, S. A.

Tubos de Aleación de Níquel y Aleación de Titanio y Zirconio.

Sandvik de México, S. A.

Tubos de Aluminio.

Aluminio Industrial Mexicano, S. A.

Tubos de Cobre.

Nacional de Cobre, S. A.

Tubos de Hule y Otros Plásticos.

Cia. Hulera Euskadi, S. A.
Liquid Carbonic de México, S. A.

Huber y Cia., S. A.
Louis Nolas Suos., S. A.
Hcofnat de México, S. A.
Peypoch Ramón.
Plásticos Hex, S. A.

Turbocompresores y Turbogeneradores.

Associated Electrical Industries de México, S. A.

Vacuómetros.

Curtin de México, S. A.
Honeywell, S. A.
Misco, S. A.

Válvulas.

Grinell de México, S. A., de C. W.
EPN Sociedad Anónima.
Misco, S. A.
Manufacturas y Servicios Industriales, S. A.
Enca, S. A.

ALGUNOS PROVEEDORES DE EQUIPO EN ESTADOS UNIDOS.

(Obtenidos del Chemical Engineering Catalog).

Analizadores de Trans de Concentración.
Milton Roy Co (MR)

Anodos de Carbón (grafito).
Union Carbide Corp. Carbon products div.

Sopladores Centrifugos.

Aerocvent Fan Co. Inc.
American Standard Ind. Div.
Buell Engineering Co. Inc.
Buffalo Forge Co.
Buttner Works Inc.
Clarage Fan Co.
J. H. Day Co. the
Eclipse fuel engineering Co.
Fly Ash Arrestor Corp. the
Fuller Co.
Garden City Fan and Blower Co.

Calderas.

Allis Chalmers
Chicago Bridge and Iron Co (CBand I)
Crane Co.
Elmco Corp. the
Elgin Softener Corp.
Illinois Water Treatment Co. (ILLCO).
Industrial Filter and pump Mfg. Co.
Roy E. Rot Co. Inc.

Bombas Centrifugas.

Alpine American Corporation.
American Tool and Machine Co. (ATandM)
Baker Perkins Inc. (B-P)
Bird Machine Co.
Bulfovak Equipment Div.
Centrico Inc.
Centrifugal and Mechanical Industries Inc.
De Laval Separator Co. the
Dor Oliver Inc.
Kontro Co. Inc. the
Liquid Dynamics.
Luiva Corp.
Pfaudler Co. the
Pobielniak Inc.
Rodney Hunt Machine Co.
Sharples Corp. the
Simon Carter Co.
Tolhurst Centrifugals
WEMCO Div.
Western States Machine Co. the

Columnas.

Acme Process Equipment Co.

Aluminium Company of American ALCOA.
American Bridge Div.
American Car and Foundry Div.
VD Anderson Co. the

Artisan Industries Inc.

Boiler Engineering and Supply Co. Div.

Unidades de Combustión.

Black, Sivalle and works (BSandB)
Coppus Engineering Corp.
Falls Industries Inc. (FI)
Foster Wheeler Corp. (FW)
National Oilburner Co. Inc.
Oxark-zaboning Co.
Suzerget Combustion Inc.
Thermal Research and Engineering Corp.
Union Carbide Corp. Carbon Products Div.
John Zuek.

Compresores centrifugos.

Allis Chalmers.
American Standard Industrial Div.
Clark Bros Co.
Cooper-Bessemer Corp. the (CB)
Elliot Div.
Hoffman Industries Inc.
Ingersoll-Rand Co. (IR)
Joy Manufacturing Co.
Roots Connersville.
Spencer Turbine Co.

Compresores reciprocantes.

Chicago Pneumatic Tool Co. (CP)
Clark Bros Co.
Cooper Bessemer Corp. the (CB)
Creamery Package Mfg. Co. the
Frick Co.
Gardner Denver Co.
Ingersoll Rand Co.
Joy Manufacturing Co.
Norwalk Co. Inc.
Pennsylvania Pump and compressor air.

Compresores barométricos.

Acme Process Equipment Co.
Croy Reynolds Co. (C-R)
Graham Manufacturing Co. Inc.
Goslin Birgumham Manufacturing Co. Inc. (CB)
Jet Vac Corp. the
Schutte and Koerling Co. (SK)
Zaremba Co.

Condensador Eyector.

Croll-Reynolds Co. Inc. (CR)
Graham Manufacturing Co. Inc.
Jet-Vac Corp. the
Schutte and Koerting Co. (SK)

Westhington Corp.

Condensador de vapor.

Andole Co.

Niagara Blower Co.

Schutte and Koerting Co. (SK)

Controles de flujo.

Allie Chalmers.

PIP Industries.

Bulley Meter Co.

Bristol Co. the

Crane Co.

Fisher and Porter Co. (FandP)

Hetherington and Berner Inc. (HandB)

Honeywell.

Johnson Service Co.

Control de Presión.

Allie Chalmers

American Standard Controls Div.

Bristol Co. the

Crane Co.

Fisher and Porter Co. (FandP)

Fulton Sylphens Div.

Honeywell

Controles de temperatura.

Allie Chalmers

American Standard Control Div.

Bristol Co. the

Brooks Instrument Co. Inc.

Fisher and Porter Co. (Fand P)

Fulton Sylphens Div.

Honeywell.

Enfriadores de Evaporadores.

Buffalo Forge Co.

Fluor Products Co. Inc.

Frick Co.

Graham manufacturing Co. Inc.

Hulson Engineering Corp.

Niagara Blower Co.

Enfriadores con unidades de sales fundidas.

Bethlehem Corp. the

Enfriadores por aspersion.

Niagara Blower Co.

Desaeradores de agua.

Allie Chalmers.

Crane Co.

Elgin Softener Corp.

Graver Water condition Co.

Destilación.

Acme Process Equipment Co.

American Sterilizer Co. (AMSCO)
Barnstead Still and Sterilizer Co.
Brighton Corp.
Bullovak Equipment Div.
Corning glass work
Doyle and Roth manufacturing Co. Inc.
Industrial Process Engineers (IPE)
Kontro Co. Inc. the
Lawa Corp.
Patterson Div.
Pfaudler Co. the

Destilación al vacío.
Pfaudler Co. the
Arthur P. Smith Co.

Ductos de Polietileno.
U. S. Stone ware Co. the

Ductos de polipropileno.
International pipe and ceramics corp.
U. S. Stoneware Co. the

Ductos de PVC.
Atlas Mineral products. Co.
Colonial plastics Mfg Co.
International pipe and ceramics corp.

Electrodos.
Fausteel Metal Metalura al Corp.
Union Carbide Corp. St. Lite Div.

Unidades de Electrodíalisis.
Aqua Chem. Inc.

Electrolizadores.
Electrical Heating Equipment Co.

Evaporadores.
Paul O. Abbe Inc.
Acme Process Equipment Co.
Richard M. Armstrong Co.
Artisan Industries Co.
Bethlehem Corp. the
Brighton Corp.
Bullovak Equipment Div.
Chicago Bridge and Iron Co. (CB&I)
Chiyo-da Chem. Engineering and construction Co. Ltd.
Clermont Engineering Co. Inc.
Continental Boyler and Sheet Iron works.

Filtros de presión.
Fred S. Carver Inc.
De Laval Separator Co. the
Einco Corp. the
Ertel Engineering Corp.

Groen Mfg Co.
Independent Filter Press Co. Inc.
Shriver and Co. Inc.
D B Sperry and Co.

Cambiadores de calor.

ALCOA
Brighton Corp.
Crane Co.
DUECO
Frick Co.
Jet-Vac Corp. the
Pfaudler Co. the
Tower Iron Works Inc.
Zaremba Co.

Aislantes.

ALCOA
Philip Carey Co. the
Childers Manufacturing Co.

Operadores de válvulas.

Anala Co.
Amin Co. the
Conoflow Corp.
Crane Co.

Tubos.

ALCOA
American Bridge Div.
Artisan Industries Inc.
Clermont Engineering Co. Inc.
Pfaudler Permutit Co. the
Vulcan Manufacturing Co.
Ansconda American Brass Co.
Saran Lined Pipe Co.

Bombas de vacío.

Allis Chalmers.
Beach Russ Co.
Norwalk Co. Inc.

Refrigeración.

Croll Reynolds Inc. (C'R)
Graham Manufacturing Co. Inc.
Jet-Vac corporation the

PRINCIPALES MANUFACTUREROS DE EQUIPOS DE DESALINACION

INGLATERRA.

- a).- Alton and Company Limited
- b).- G. and J. Weir.
- c).- Weir and Westinghouse

ITALIA.

- a).- Aqua-Chem Inc.

JAPON.

- a).- Asahi Chem Ltd.

ESTADOS UNIDOS.

- a).- Richardson-Westgarth.
- b).- Buckeley and Taylor.
- c).- Chicago Bridge and Iron.
- d).- Baldwin-Lima-Hamilton.
- e).- Westinghouse.
- f).- Cleaver Brooks.
- g).- Ionics Inc.
- h).- Struthers Scientific.
- i).- Colt Industries.