



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-5246. aumana@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Oscar Izquierdo Sandí
Cooperación y Asuntos Internacionales

FECHA: 27 de setiembre del 2018

DE: Ing. Allan Umaña Ortiz
UEN Programación y Control

No. UEN-PC-2018-01868

ASUNTO: Entrega de Informe de seminario de tecnología de desalinización del agua de mar y la utilización multipropósito

En referencia al oficio No. PRE-R-2018-019, en el cual se comunica la participación del funcionario Allan Umaña Ortiz en el seminario de tecnología de desalinización del agua de mar y la utilización multipropósito, contándose con la debida aprobación de la Presidenta Ejecutiva y de la Dirección de la UEN Programación y Control, tal y como lo hace constar las respectivas firmas en el documento.

De la manera más atenta se refiere el siguiente informe, el cual incluye una recopilación de temas aprendidos durante el seminario, esperando que sea de enriquecimiento intelectual para nuestra Institución.

Se adjunta

- Informe de Visita
- CD con software, presentaciones e informe digital.

C: Ymileth Astorga Espeleta, Presidencia Ejecutiva
Rodhe Baez Espinoza, Cooperación y Asuntos Internacionales
Gerardo Rivas Rivas, UEN Programación y Control
Sergio Nuñez Rivera, UEN Programación y Control
Archivo



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**

DEPENDENCIA: UEN PROGRAMACIÓN Y CONTROL

**INFORME DE VIAJE AL EXTERIOR
DEL 25 DE JULIO AL 14 DE AGOSTO DE 2018**

*Seminar on Seawater Desalination and Multipurpose Utilization for
Developing Countries, 2018*

fecha: 27 de septiembre de 2018



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**

Informe de Participación.

**Seminar on Seawater Desalination and Multipurpose Utilization
for Developing Countries, 2018**

En referencia al oficio No. PRE-R-2018-019, en el cual se comunica la participación del funcionario Allan Umaña Ortiz al seminario de tecnología de desalinización del agua de mar y la utilización multipropósito, contándose con la debida aprobación de la Presidenta Ejecutiva y de la Dirección de la UEN Programación y Control, tal y como lo hace constar las respectivas firmas en el documento.

De la manera más atenta se refiere el siguiente informe, el cual incluye una recopilación de temas aprendidos durante el seminario, esperando que sea de enriquecimiento intelectual para nuestra Institución.

Ing. Allan A. Umaña Ortiz

Cédula 1-1469-0617

aumana@a
ya.go.cr

Firmado digitalmente por
aumana@aya.go.cr
DN: CN=aumana@aya.go.cr
Razón: Soy el autor de este documento
Ubicación: San José, Pavas.
Fecha: 2018-09-27 09:47:29

Firma

Contenido

Ficha informativa	4
Introducción.....	4
Desarrollo del Informe	6
El recurso hídrico y la necesidad de desalinización	6
Captación y pretratamiento de desalinización de agua de mar	14
Estudio de viabilidad de ingeniería del proyecto de desalación de agua de mar	32
Extracción de materiales de agua de mar	41
Membrana de ósmosis inversa: estado actual y perspectiva futura	51
Diseño del proceso de desalinización térmica.....	59
Conclusiones /Recomendaciones	75
Anexos	76

Ficha informativa

- País y ciudad visitado: China y las ciudades de Tianjin, Beijing, Shenzhen, Guangdong.
- Fecha de la visita: del 25 de julio al 14 de agosto de 2018
- Funcionario(s) de misión AyA:
 - Allan Umaña Ortiz
- Motivo del viaje: Mediante conferencias y recorridos, el seminario permite una mejor comprensión del desarrollo de la desalinización del agua de mar y la utilización multipropósito, con el fin de capacitar al funcionario en la planificación del proyecto, conocer el impacto ambiental y la inspección del proyecto. Además, conocer el ámbito de aplicación en expansión y la utilización multipropósito del proyecto. El seminario contiene 16 conferencias sobre los siguientes temas: Situación general de los recursos hídricos, Tecnología de desalinización del agua de mar y Utilización multipropósito, Ingesta y pretratamiento de agua de mar, Tecnología de membrana y aplicaciones, Tecnología de membrana de ósmosis inversa, Simulación y monitoreo de la desaladora y la evaluación de Impacto ambiental de los proyectos de desalinización, etc. El seminario también incluye 6 visitas de inspección a empresas locales en Tianjin, Beijing y Shenzhen.
- Contacto en el lugar de misión: 0086-13920822423(Wenhan), 0086-13803095869(Zhang), tedaiec@126.com

Introducción

Las tecnologías de desalinización pretenden ser una alternativa muy próxima a implementarse en Costa Rica, esto debido a que, en la medida que nuestros acuíferos sufran de problemas de intrusión salina y las fuentes de producción cada vez sean más limitadas, la desalinización de agua de mar sería una opción eficiente para el abastecimiento de agua potable.

La tecnología de ósmosis inversa ha sido aplicada en Costa Rica por desarrolladores privados en la zona de Guanacaste, logrando así, brindar agua potable a los usuarios, en condiciones donde no existen fuentes de agua dulce.

La zona costera del pacífico norte en Guanacaste, ha sido el principal afectado por el tema de intrusión salina, debido a una desmedida explotación de los acuíferos.

Si bien estas tecnologías, exigen una inversión alta, los costos operativos de este tipo de plantas son rentables, además, las tecnologías permiten un mejor aprovechamiento de la energía y de los subproductos resultado del tratamiento.

Los temas desarrollados en este informe, buscan introducir la base técnica de esta tecnología, posteriormente, en caso de que nuestra institución muestre interés en un proyecto de desalinización, se deberán elaborar las especificaciones técnicas y normativas para asegurar la calidad del proceso, dado que, en Costa Rica la experiencia con este tipo de sistemas ha sido poca.

En países como China, han llevado las tecnologías de desalinización a un nivel muy alto, en donde, se ha tenido que abastecer grandes ciudades, luchar con niveles de contaminación altos en el agua cruda de mar y regulaciones políticas y normativas complejas.

En el caso específico de la ciudad de Tianjin, esta ciudad ha instalado un parque industrial ecológico piloto a nivel estatal, el Área de Desarrollo Económico y Tecnológico de Tianjin ha construido la mayor base de desalinización de agua de mar en Asia: la central eléctrica de Beijín en la Nueva Área Binhai de Tianjin. La primera fase de la planta puede procesar 100.000 toneladas de agua de mar por día, lo que efectivamente resuelve el problema de la escasez de agua dulce. A través del arduo trabajo de años de las personas técnicas, China ha logrado grandes avances en muchos puntos clave en el campo de la utilización del agua de mar, en términos de desalinización de agua de mar y uso directo de agua de mar, etc. Varias técnicas han alcanzado un nivel internacional como la baja temperatura y desalinización de agua de mar de múltiples efectos y enfriamiento del ciclo del agua de mar.

- **General:**

Mediante conferencias y recorridos, el seminario ayudará a los asistentes a comprender mejor el desarrollo de la desalinización del agua de mar y la utilización multipropósito, dominará la planificación del proyecto, conocerá el impacto ambiental y la inspección del proyecto y verá la aplicación en expansión y la utilización multipropósito del proyecto.

- **Específicos:**

Estudiar la situación general de los recursos hídricos, tecnología de desalinización de agua de mar y utilización multipropósito, ingesta y pretratamiento de agua de mar, tecnología y aplicaciones de membrana.

Conocer la tecnología de membrana de ósmosis inversa, simulación y monitoreo de la desaladora.

Analizar la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de desalinización.

Desarrollo del Informe

El recurso hídrico y la necesidad de desalinización

El agua es el sustento básico de la vida, debido a esto, del 80 al 90% de todas las enfermedades y cerca de 30% de las muertes son debido a la mala calidad de agua. Más gente muere por causa del agua contaminada en el mundo que por desastres naturales como huracanes, inundaciones, tsunamis y terremotos.

La organización mundial de la salud reporta: “Cada año hay cerca de 2 millones de muertes por diarrea, relacionado principalmente a mal manejo de aguas, insalubridad, y falta de higiene. En su mayoría la muerte alcanza niños menores de 5 años de edad. Más de un billón de persona carece de acceso a fuentes de agua potable.

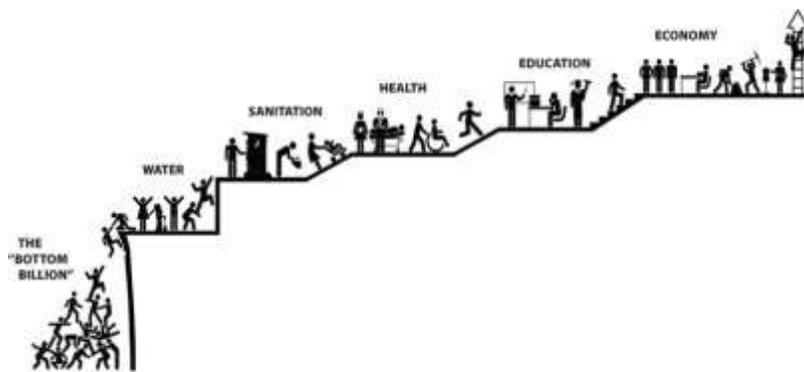


Figura 1 El agua limpia es la condición básica para la vida.

El agua promete ser en el siglo XXI lo que el petróleo fue en el siglo XX para la humanidad. La confortabilidad y comodidad que ofrece un servicio potable, determina la riqueza de una nación. Se habla de que el agua es más preciosa que el oro en nuestros tiempos.

En el medio este, debido a los ríos Tigris y Éufrates existen disputas entre Turquía, Siria e Irak.

El río Jordán ha producido conflictos entre Israel, Líbano, Jordania y territorios palestinos.

En África, el río Nilo, ha indujo a conflictos entre Egipto, Etiopía y Sudan.

El agua en el mundo

La tierra está cubierta en gran parte por un 70% de agua, de dicho porcentaje un 97.5% corresponde a agua salada y un 2.5 a agua fresca. Menos de un 1% del agua mundial está disponible para consumo humano.

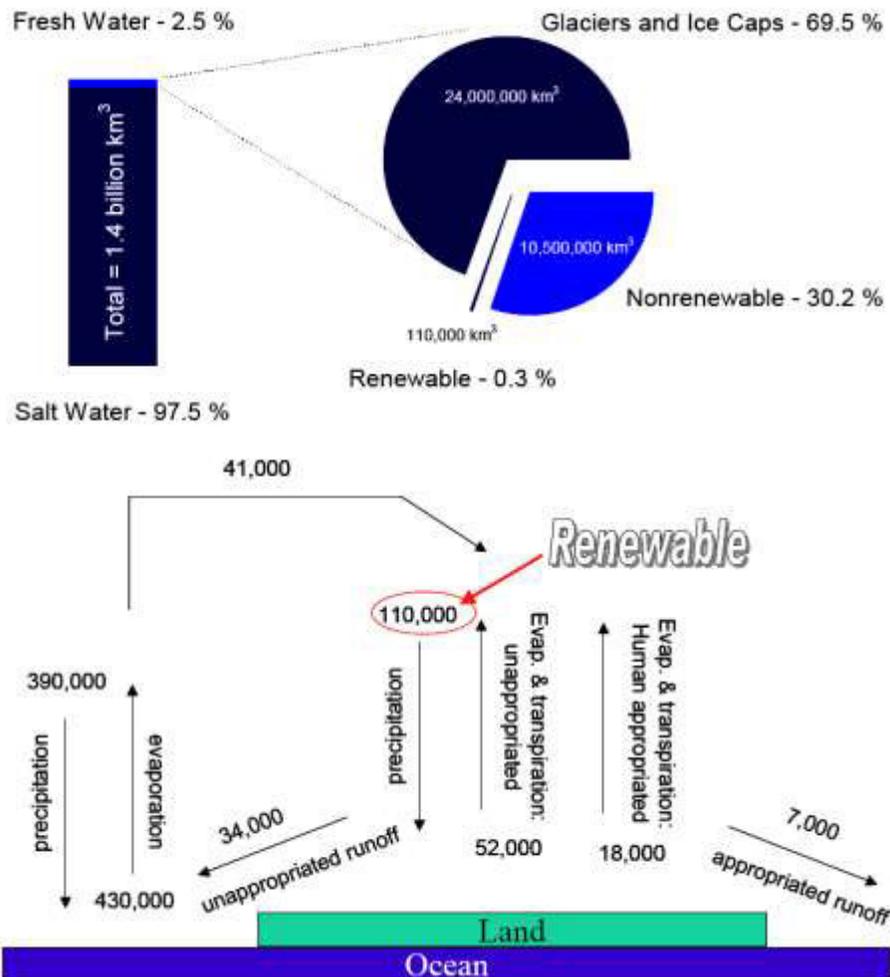


Figura 2 Agua Fresca en $\text{Km}^3/\text{año}$.

Disponibilidad y distribución del agua potable

- El agua fresca no está parcialmente distribuida a lo largo de la geografía mundial.
- Solo un 30% de agua fresca superficial anual mundial es considerada accesible para la explotación humana.
- La distribución del agua potable es considerada uno de los mayores desafíos de la base de la sociedad.

- Alrededor de 1700 m³/anuales per cápita generalmente tenderá a convertirse en escasez de agua crónica y generalizada.
- Por debajo de 1,000 m³ / año-cápita puede interferir con el desarrollo económico y conducir a la degradación ambiental.

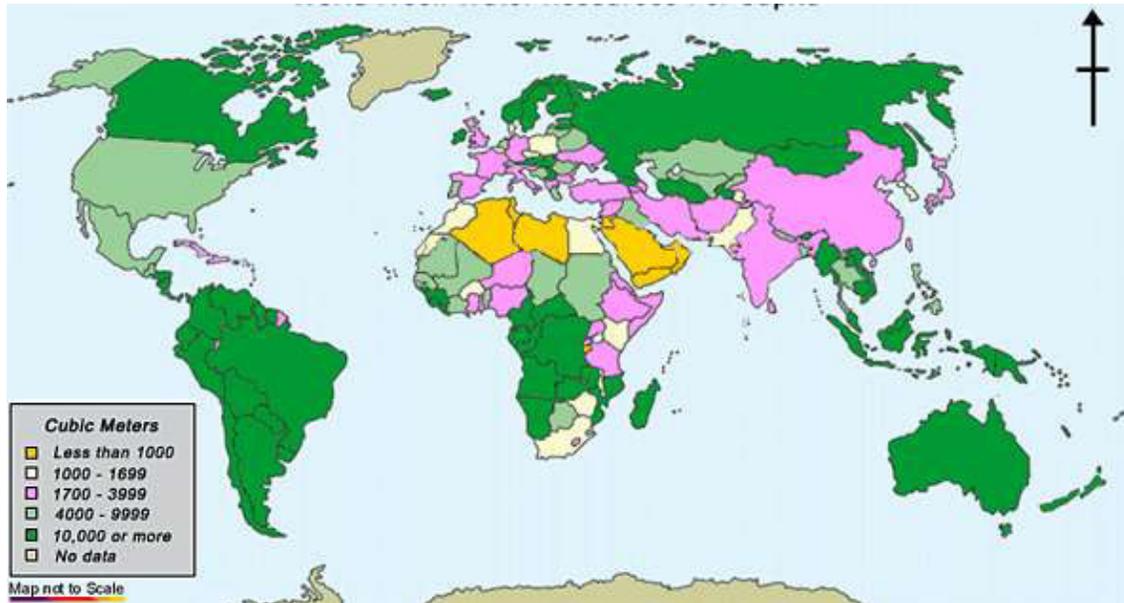


Figura 3 Muchos países de Asia y África se enfrentan a una crisis del agua.

Tabla 1. Distribución de los recursos de agua dulce renovables per cápita

Country	Renewable Water (m ³ /year)				
	Total (km ³ /yr)	Per capita (2000)	Per capita (2025 low)	Per capita (2025 med)	Per capita (2025 high)
Kuwait	0	0	0	0	0
United Arab Emirates	0	77	61	58	55
Saudi Arabia	2	118	63	59	56
Jordan	1	142	87	81	76
Libyan Arab Jamahiriya	1	151	107	100	95
Yemen	4	223	89	85	82
Oman	1	394	196	185	177
Tunisia	4	412	348	316	291
Israel	3	464	354	330	310
Algeria	14	472	361	335	313
Burundi	4	566	303	291	281
Rwanda	6	828	509	489	471
Kenya	30	985	739	673	624
China-all included	2830	2206	2028	1912	1823
Bulgaria	18	2290	3027	2971	2917
Entrea	9	2405	1302	1246	1196
Nigeria	280	2459	1454	1380	1312
United Kingdom	147	2474	2456	2400	2346
Dominican Republic	21	2508	2057	1922	1805
Tanzania	89	2534	1592	1474	1377
Lesotho	5	2556	2486	2337	2203
Sri Lanka	50	2642	2370	2219	2084
Togo	12	2651	1524	1460	1402
Moldova, Republic of	12	2724	3010	2887	2776
Ghana	53	2756	1852	1720	1609
Syrian Arab Republic	45	2761	1754	1631	1524
Armenia	11	2799	2916	2837	2791
Spain	112	2809	3049	2998	2950
Ukraine	140	2816	3603	3528	3458
El Salvador	18	2819	2120	1972	1842
Morocco	30	1004	779	714	665
Egypt	69	1009	789	723	666
Denmark	6	1116	1133	1107	1083
Zimbabwe	14	1117	820	755	700
South Africa	50	1154	1251	1142	1052
Lebanon	5	1373	1117	1048	992
Haiti	12	1486	1114	1048	989
Korea, Rep	70	1493	1378	1341	1307
Czech Republic	16	1558	1675	1645	1617
Belgium	16	1561	1602	1568	1535
Poland	63	1632	1728	1691	1656
Malawi	19	1645	1022	952	907
Burkina Faso	20	1690	808	773	745
Ethiopia	110	1749	1020	970	932
Somalia	16	1789	778	741	714
Pakistan	255	1805	1063	1016	973
Iran (Islamic Republic of)	129	1827	1400	1293	1206
India	1908	1891	1511	1411	1323
Germany	178	2170	2299	2256	2215
Uganda	66	2833	1294	1228	1179
France	170	2870	2783	2709	2642
Afghanistan	65	2986	1507	1438	1382
Niger	33	3000	1326	1263	1216
United States	2478	8749	7439	7145	6775

El Medio Oriente y el Norte de África son las regiones con mayor escasez de agua en el mundo. Aproximadamente el 6.3% de la población mundial, pero recibe solo el 1.4% del agua dulce renovable de la tierra.

Estados Unidos tiene una abundancia relativa de agua dulce renovable. Sin embargo, hay áreas del país, especialmente en el oeste, donde el recurso es limitado.

Las aguas subterráneas tienden a estar mucho más distribuidas uniformemente que las aguas superficiales, y el recurso es enorme. Sin embargo, gran parte de esta agua es un recurso fósil no renovable que está sujeto a agotamiento local

Factores que influyen en el aprovechamiento del agua

- Población
- Tipo de comunidad
- Desarrollo económico
- Clima local
- Políticas y leyes
- Culturas

Mientras que la población mundial se triplicó en el siglo XX, el uso de recursos hídricos renovables se multiplicó por seis.

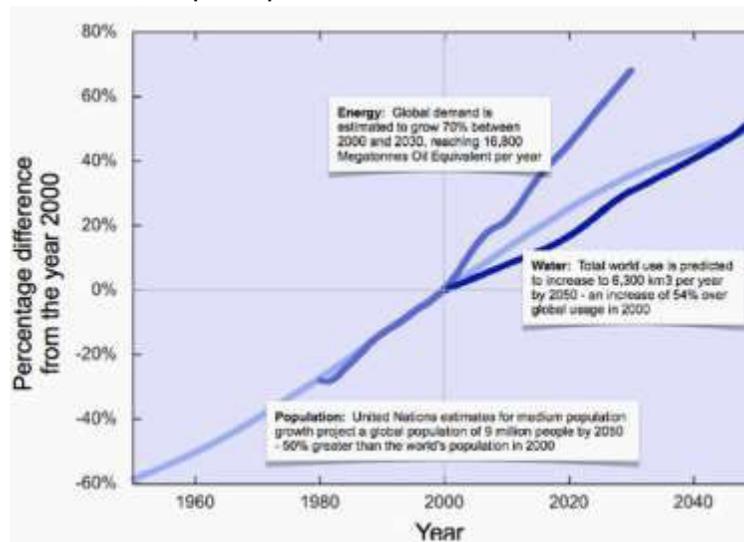


Figura 4 Porcentaje de diferencia desde el año 2000, respecto a energía, agua y población.

Existen diferentes consumos de agua de diferentes actividades productivas, y la agricultura tiene el mayor consumo de agua. Por ejemplo, producir un filete (300 g)

de carne de vaca consumirá 4500 litros de agua, y una manzana (100 g) consumirá 70 litros de agua.

Entonces, deberíamos comer más manzana que carne

Políticas y Leyes

Políticas --- Fomentar la agricultura que ahorra agua y la plantación de árboles

Impuesto --- Imponer fuertes impuestos a las industrias de alto consumo de agua, como centros de baño y lavados de autos.

Precio --- Guía la transformación de la industria por el ajuste del precio del agua

Proyecto --- Invertir el proyecto de conservación de agua a gran escala para mitigar la crisis de los recursos hídricos en China

Cultura

En China, a muchas personas les gusta vivir en la gran ciudad, como Pekín, Tianjin, sin embargo el promedio de agua es menor a 100 m³ en Pekín.

Por lo tanto para solventar la crisis del agua, se debe reducir el consumo de agua fresca y aumentar la disponibilidad del recurso hídrico.

Mejorando la eficiencia del uso del agua.

Implementar tecnologías y políticas para fomentar la conservación y reutilización del agua.

Reducir el crecimiento de la población.

El riego por goteo puede ahorrar 35-75% de agua que el riego por aspersión.



Figura 5 Método de riego para agricultura.

Se puede incrementar la disponibilidad del agua mediante:

- Construyendo nuevas represas y embalses.
- Aprovechando las fuentes de agua no tradicionales, como el agua de mar.
- Agua "producida" en conjunto con energía fósil u otras operaciones de recuperación de recursos.
- Explotación de acuíferos salinos continentales.
- Reciclar agua desperdiciada

El rol de la desalinización

La falta de agua obstaculiza el desarrollo económico, devasta la salud humana, conduce a la degradación ambiental y fomenta la inestabilidad política.

La desalinización del agua de mar se ha convertido en un método útil para resolver el problema.

Ventajas de la Desalinización

- Produce "nueva" agua fresca
- La tecnología es confiable
- Independiente del clima
- Efectos mínimos sobre el ambiente

Factores que limitan el crecimiento de las tecnologías de desalinización

- Relativos altos costos operativos
- Falta de conocimiento y comprensión sobre el estado actual de los suministros de agua y la capacidad de la desalinización para abordar las necesidades.
- Desde la perspectiva global, la desalinización tendrá solo un pequeño impacto en el suministro de agua dulce. Sin embargo, a nivel local, la desalinización (junto con otras medidas) jugará un papel fundamental.

El costo de la desalinización está disminuyendo debido al desarrollo de la tecnología, mientras que el costo del agua convencional está aumentando.

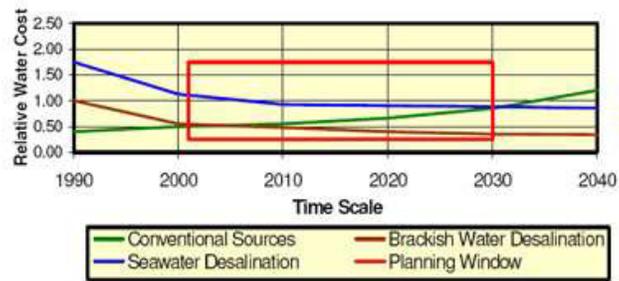


Figura 6 La desalinización del agua de mar podría ser más barata que las fuentes convencionales para 2030.

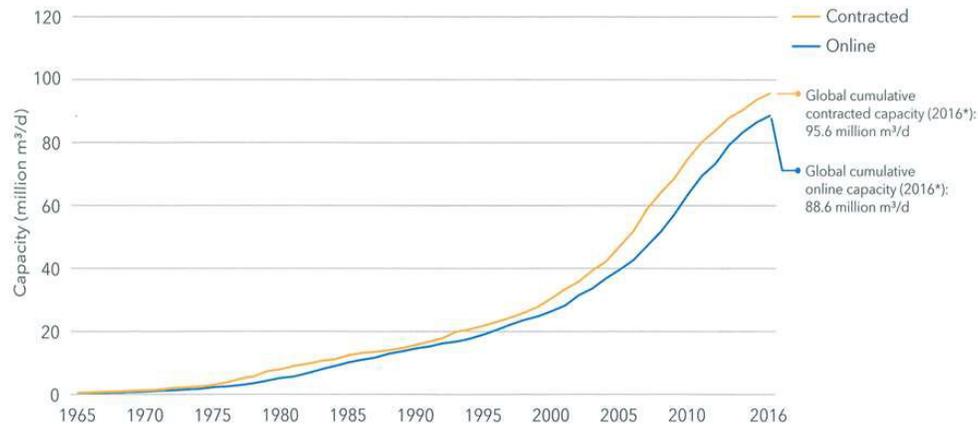


Figura 7 Según la estadística de IDA, para el final de 2016, la capacidad global de desalinización acumulada es de 95,6 millones de m³ / d.

Además, un esfuerzo estratégico de investigación y desarrollo de desalinización ayudará a que la desalinización sea una opción de suministro de agua más atractiva para las comunidades que enfrentan escasez de agua y puede permitir que la tecnología de desalinización desempeñe un papel más importante para satisfacer las demandas internacionales de agua.

En el caso de China, a fines de 2016, el número de equipos de desalinización de agua de mar instalados en China ha sido de 131 y la capacidad de desalinización acumulada ha alcanzado 1188 mil m³ / d.

El costo de calcular varios recursos hídricos.

Fresh water- intake way	Calculate cost	The supplied quantity of freshwater in China
Remote water –Luan river to Tianjin	2.3 RMB/m ³ (direct costs)	2 million m ³ /d
South-north water transfer	5-20 RMB/m ³	30 million m ³ /d
Seawater desalination	4-7 RMB/m ³	0.67 million m ³ /d
Brackish water desalination	2-4 RMB/m ³	5 million m ³ /d

Captación y pretratamiento de desalinización de agua de mar

Terminología

MF Microfiltration

UF Ultrafiltration

NF Nanofiltration

RO Reverse Osmosis

MED Multiple-effect distillation

MSF Multi-stage flash distillation

TDS Total dissolved solids

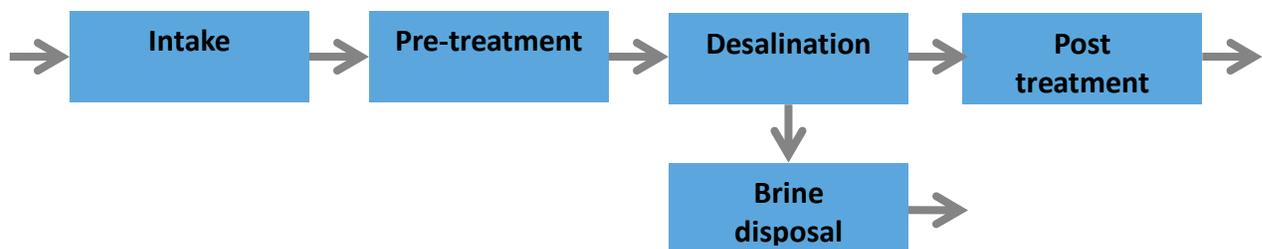
TOC Total organic Carbon

SDI Silt Density Index

Importancia de los sistemas de captación y pre-tratamiento

El pretratamiento del agua salina, es el componente principal de cada sistema de desalinización por membrana.

El propósito fundamental del sistema de pretratamiento es remover partículas, coloides, materia orgánica, mineral y contaminantes microbiológicos que están contenidos en el agua de mar.



Proceso básico de Desalinización.

Tamaños de sustancias en el agua de mar

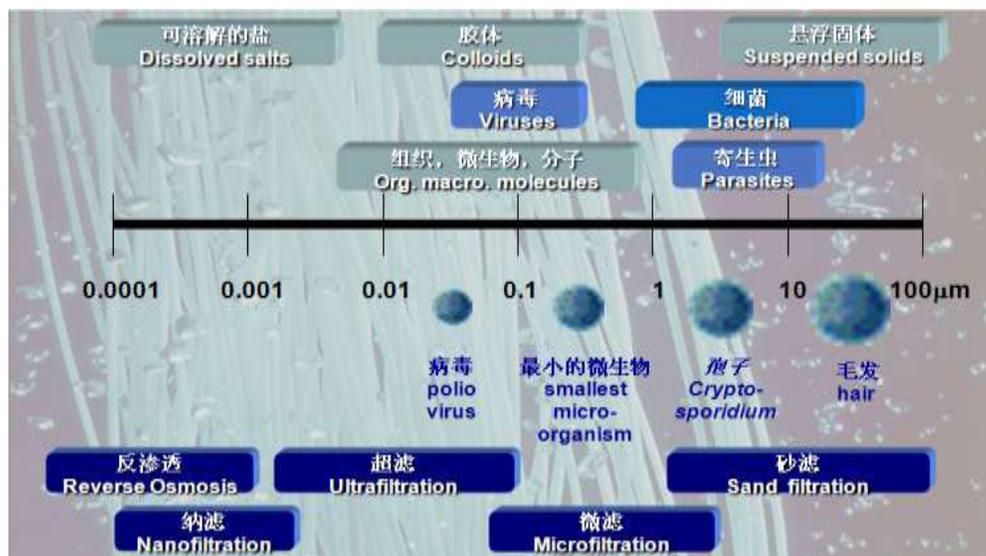
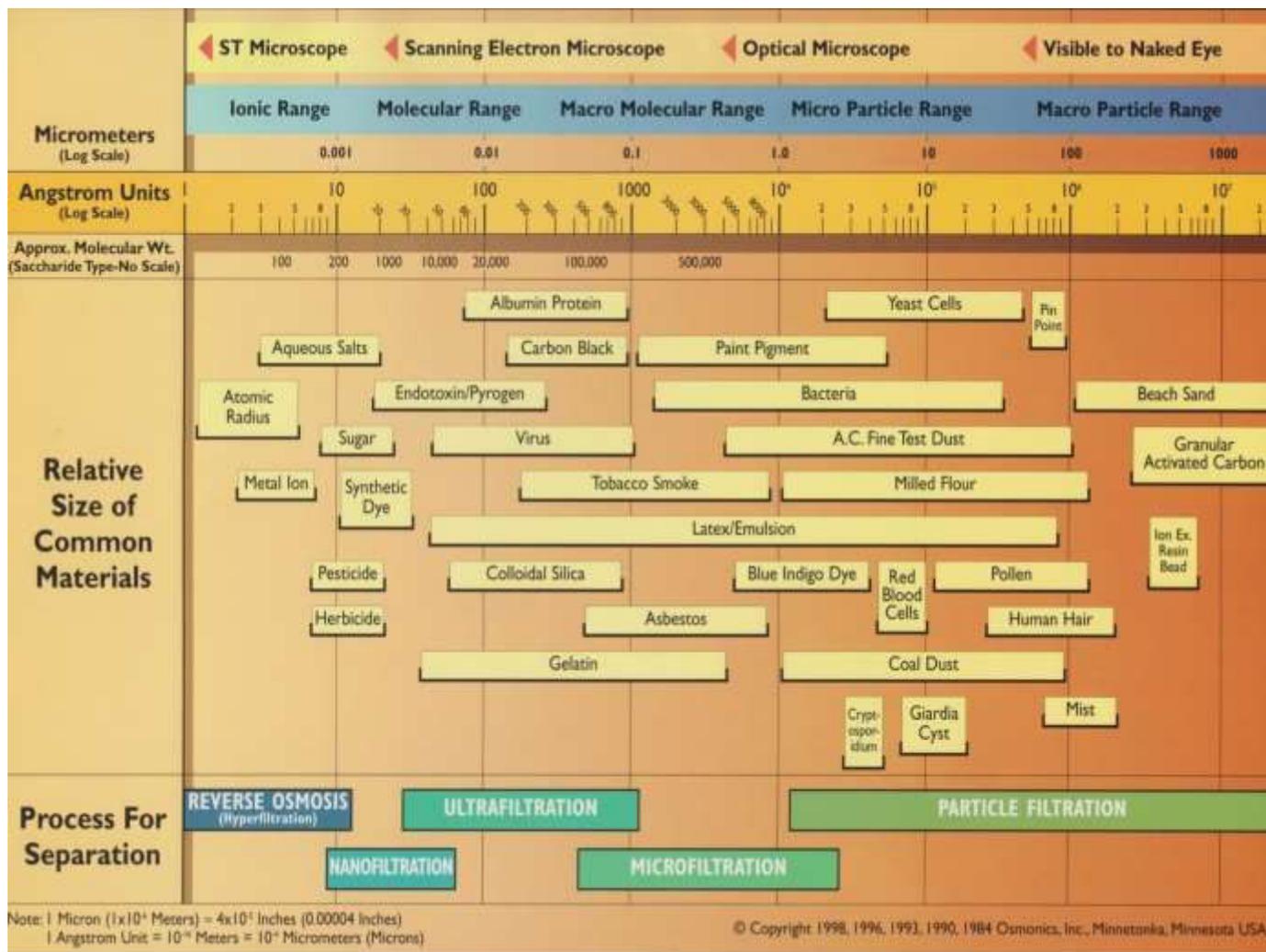


Figura 8 Tamaños de sustancias en el agua de mar

Parámetros característicos de la calidad del agua de mar

Total de sólidos suspendidos (mg / L)

El nivel total de sólidos en suspensión debe evaluarse para determinar el nivel de procesos de pretratamiento requeridos.

Turbidez (NTU)

Este parámetro proporciona la cantidad de material particulado fino en el agua.

Temperatura (°C)

La evolución de la temperatura durante el año debe hacerse antes de determinar las temperaturas máximas y mínimas del agua estacional del agua de mar.

Índice de Suciedad (adimensional)

Este parámetro ha sido propuesto para medir un potencial de contaminación y usarlo como una herramienta predictiva para evaluar la idoneidad del pretratamiento.

Total de sólidos disueltos (mg / L)

Este parámetro es directamente proporcional a la cantidad de sales en el agua de mar. El TDS del agua de mar (generalmente 35 g / l) está formado por todas las sales disueltas presentes en el agua.

Sustancias orgánicas

Carbono orgánico total (TOC) que representa la cantidad total de materia orgánica, incluido el contenido de partículas. Carbono orgánico disuelto (DOC) que representa la cantidad de materia orgánica disuelta en el agua cruda

Consideraciones importantes a la hora de escoger el tipo de toma.

- Calidad del agua en la fuente
- Impactos Constructivos
- Impactos operacionales sobre la vida marina
- Costo de Inversión y Mantenimiento
- Regulaciones y Normativas
- Intenta evitar "Impungamiento" y "Arrastramiento"
 - Impugnamiento, Debido a la alta velocidad de flujo, los peces y otras criaturas golpean la red

- Arrastramiento, Criaturas como peces más pequeños que la rejilla son succionados por la tubería de agua

Tipo de Captaciones o tomas de agua.

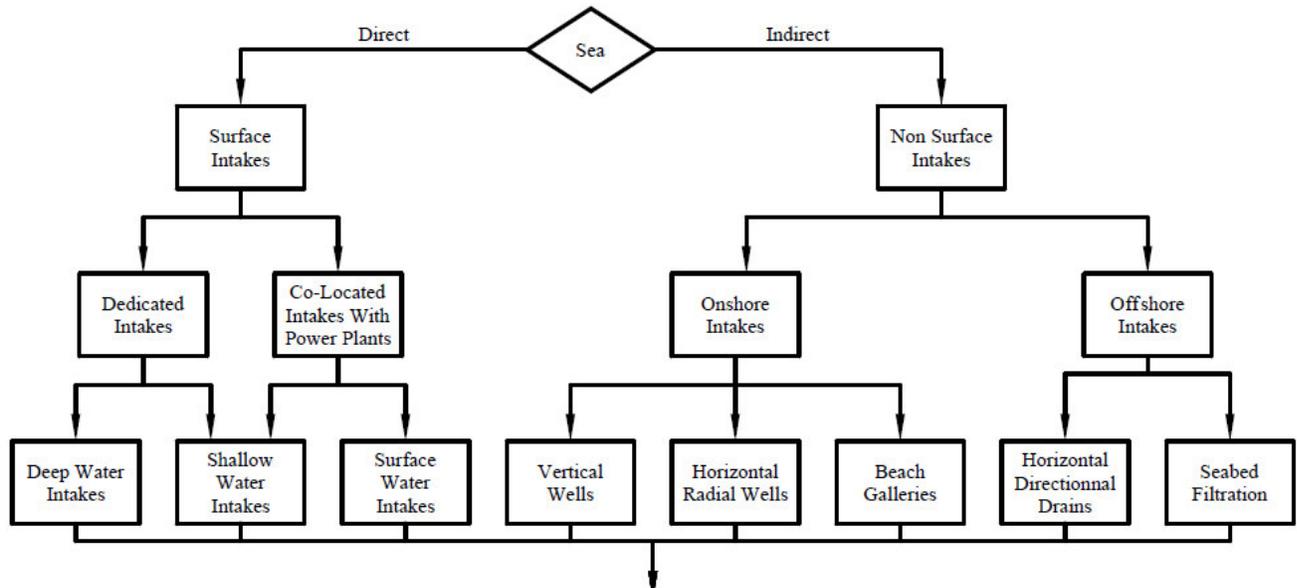
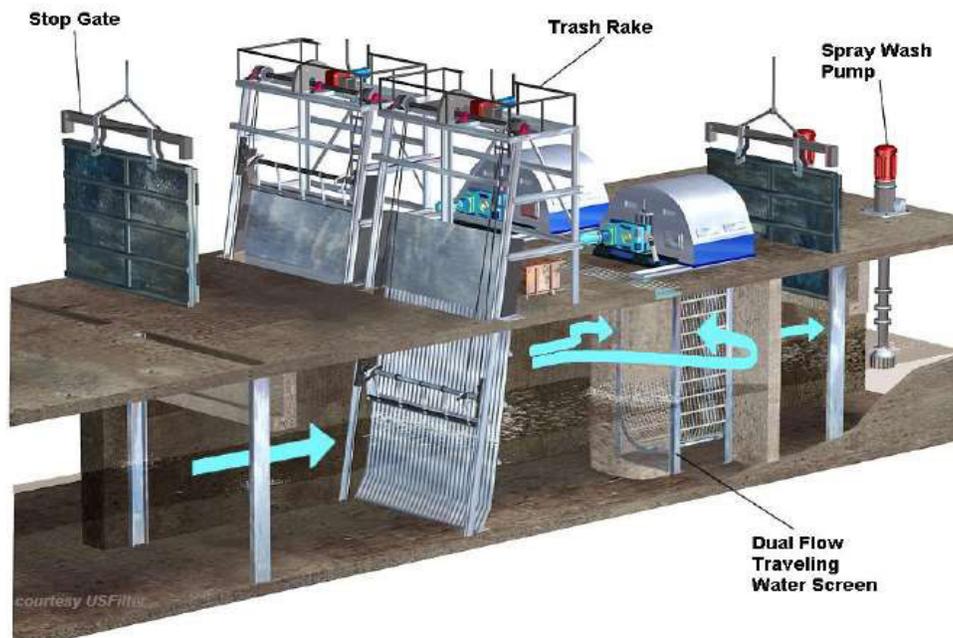


Figura 9 Tipos de Captaciones

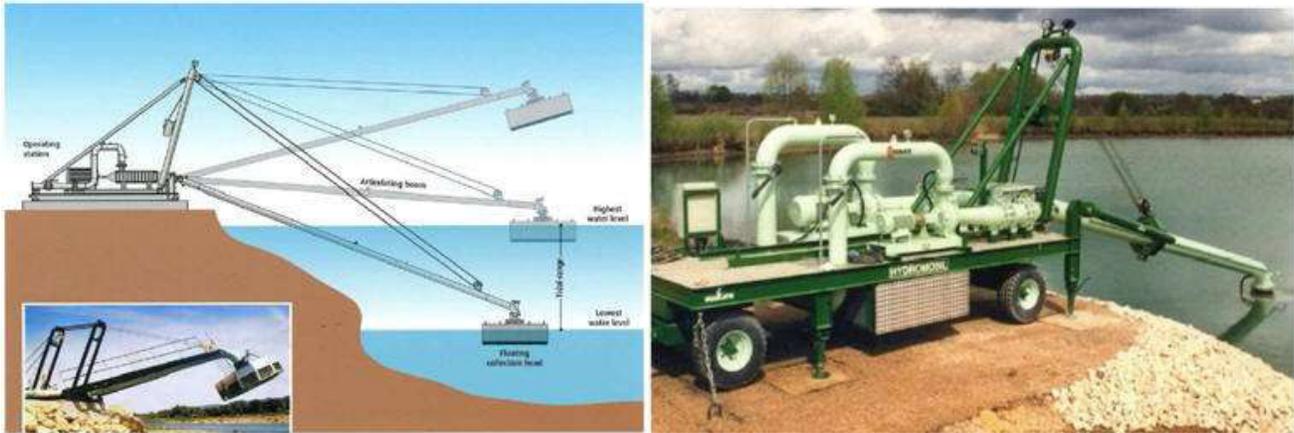
Ingesta de agua superficial dedicada



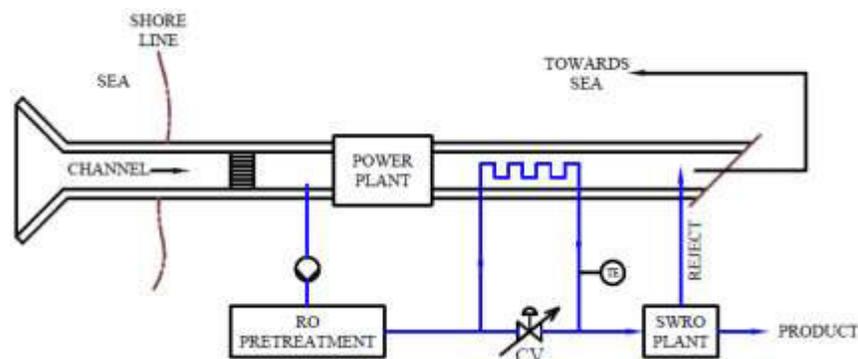
Sistema fijo, de captación: compuesto por: Apertura y cierre de la puerta, Máquina de limpieza, Filtro giratorio, Bomba de agua para admisión y Casa de máquinas.

Sistema móvil de captación de agua de mar

Ideal para plantas temporales o si las obras civiles no son posibles.



Toma de agua de superficie compartida con la planta de energía y la instalación pública de toma de agua la cual usa el calor residual de la planta de energía.



Si la descarga de la central eléctrica contiene niveles de cobre, níquel, hierro u otros contaminantes en niveles significativamente más altos, la descarga de la planta de energía puede no ser una fuente de agua de alimentación adecuada.

Además, si la planta de desalinización está ubicada junto con una planta de energía nuclear, el agua de enfriamiento puede estar contaminada con nucleídos radiactivos.

Sistemas de Captación no superficial.

Consumo sobre alluvial costero. Las plantas pequeñas y medianas de SWRO generalmente son alimentadas por pozos de playa

El diámetro de drenaje vertical nunca excede 16 ", aunque la mayoría de las veces, el diámetro es 10 "

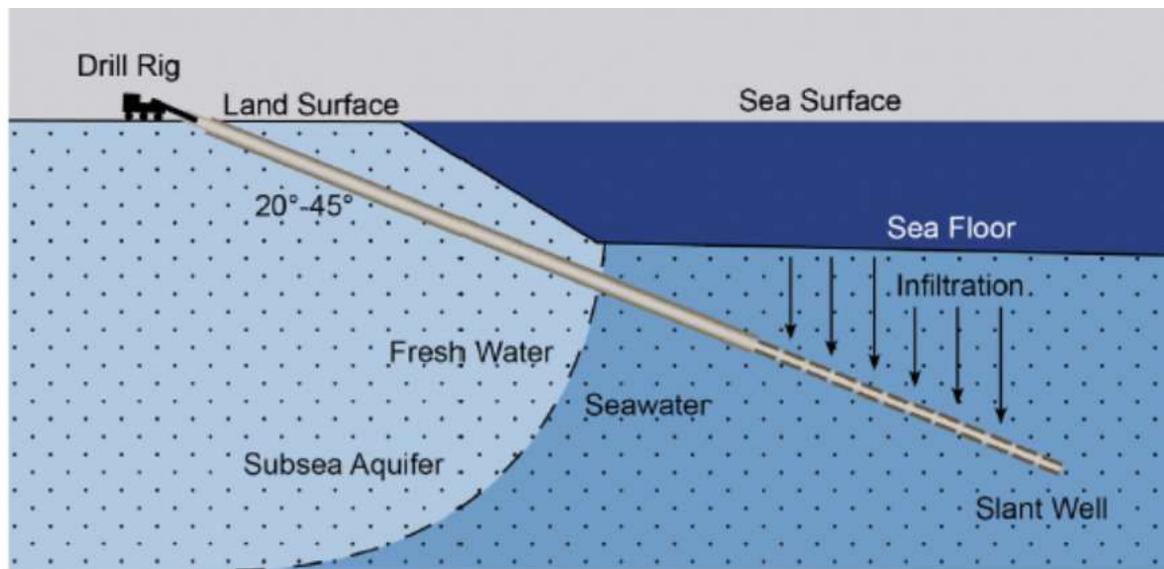
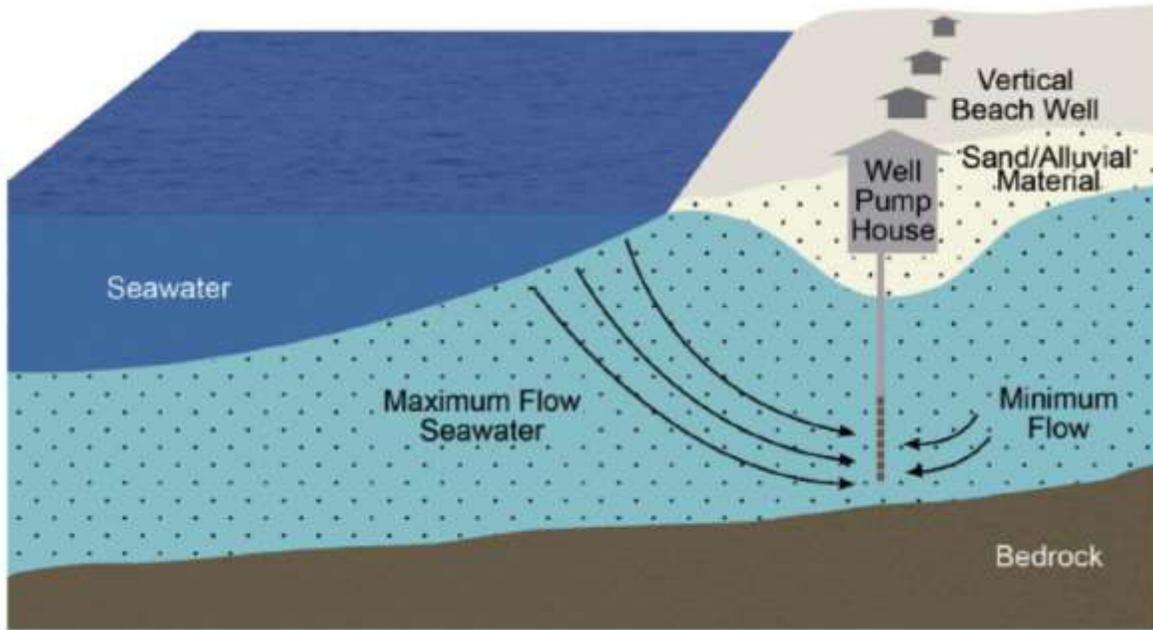


Figura 10 Captación no Superficial tipo pozo

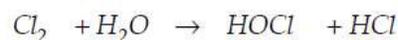
Comparación de sistemas de captación de agua de mar.

	Non surface intake	Surface Water Intake
Capacity	Limited flow rate	Required for high flow rates
Water quality	<p>Low turbidity Low SDI (generally <4) Limited variations in quality and temperature Water can be brackish Lower pressure, lower CAPEX</p>	<p>Lower water quality Variations in quality Possible exposure to pollutions (hydrocarbons, wastewater) Exposure to seasonal bad water quality events (algae blooms, storms)</p>

Preparación para la selección del proceso de pretratamiento.

- Una buena caracterización del agua a ser tratada, mediante un estudio detallado de la calidad del agua cruda
- Origen del agua: ya sea de mar / estuario / puerto / río, etc.
- Tipo de consumo: ingesta directa o pozos de la costa
- Posibles contaminaciones
- Variación en la temperatura
- Análisis detallado y completo del agua

Precloración: La adición de cloro puede proporcionar desinfección biológica antes de los procesos de desalinización. El cloro gaseoso y el hipoclorito de sodio y calcio son el cloro más comúnmente disponible.



El cloro se agrega en la toma. La posición de dosificación del cloro generalmente se encuentra en el punto de entrada de agua.

Cloración continua

La dosificación continua de cloro se confirmó como efectiva en la larga historia de operación de los sistemas RO. La cloración continua es muy efectiva para sistemas de ósmosis inversa

Cloración de choque

El cloro se agrega intermitentemente durante algunas horas por día en la toma en algunas concentraciones. La cloración de impacto generalmente tiene lugar a una concentración específica cada pocas horas.

Tratamiento Convencional

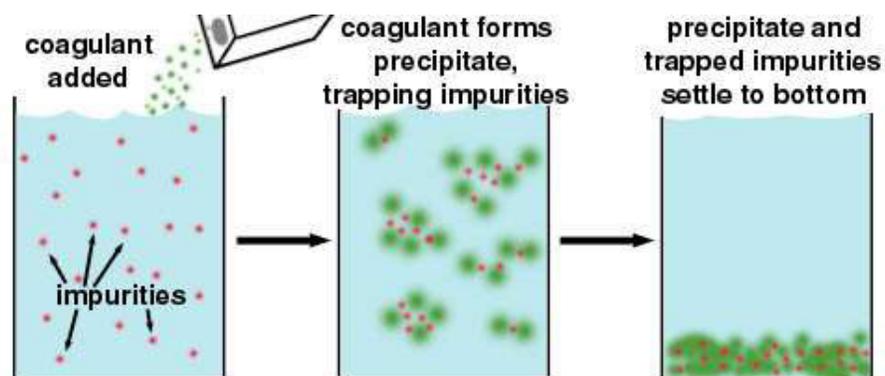
Ventajas

- Tecnología probada y madura
- Reduce los orgánicos junto con los sólidos suspendidos
- Eliminación de materia orgánica y materia en suspensión
- No necesita filtro de alimentación (No necesita colador)

Desventajas

- Más sensible a los desafíos del agua de origen
- Mayor turbidez del filtrado y SDI
- Requiere más espacio y procesar químicos
- El reemplazo del filtro de seguridad es frecuente, cada 2-3 meses

Coagulación y Floculación

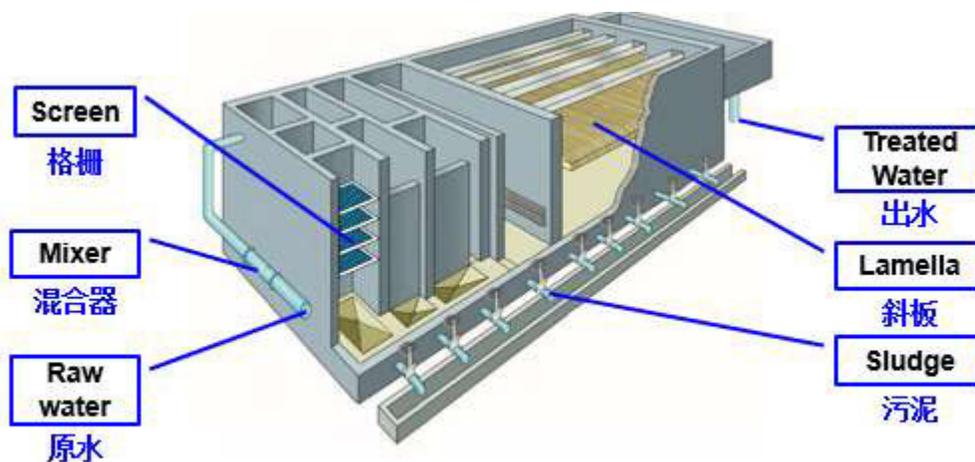
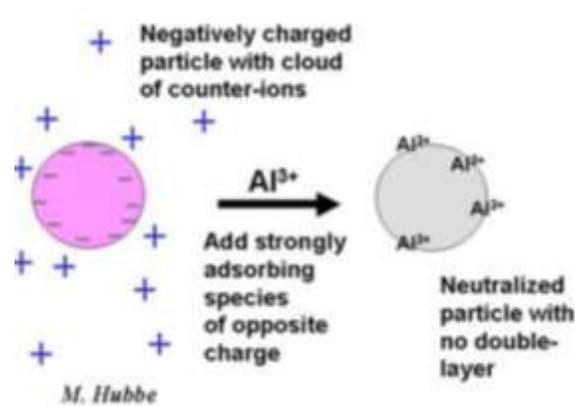


La coagulación y la floculación proporcionan el proceso de tratamiento del agua mediante el cual la suspensión fina suspendida y la materia coloidal en el agua se hace para aglomerar y formar flóculos.

El proceso de tratamiento del agua de coagulación y floculación se utiliza principalmente para aglomerar partículas y sustancias coloidales en el agua para formar flóculos.

Esto permite su eliminación por sedimentación, flotación por aire disuelto o filtración.

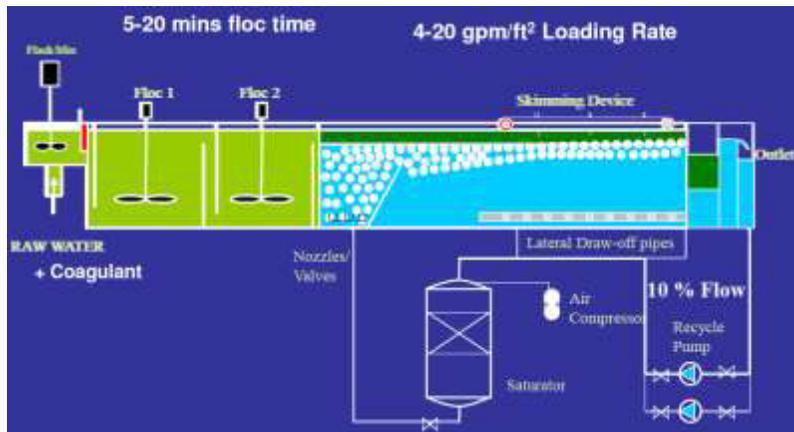
La coagulación y la floculación permiten eliminar las impurezas en el agua mediante procesos de precipitación, flotación y filtración. Las sustancias que con frecuencia deben eliminarse mediante la coagulación y la floculación son aquellas que causan turbidez y color.



Screen Flocculation Tank (SFT) 格栅絮凝池

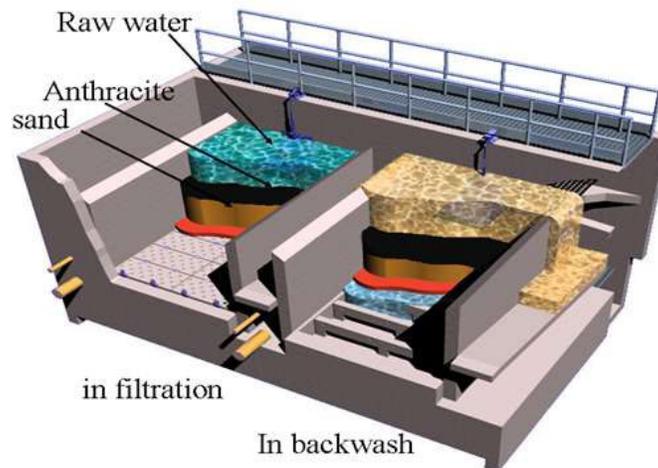
- Rentable
- Fácil mantenimiento

- Dosificación química automática
- Menor costo de capital
- Huella más pequeña
- Lo mejor para la eliminación de Algas, Marea Roja, Aceite Adecuado para eliminar las algas y el petróleo
- Menor volumen de desperdicio
- Bajo uso de productos químicos

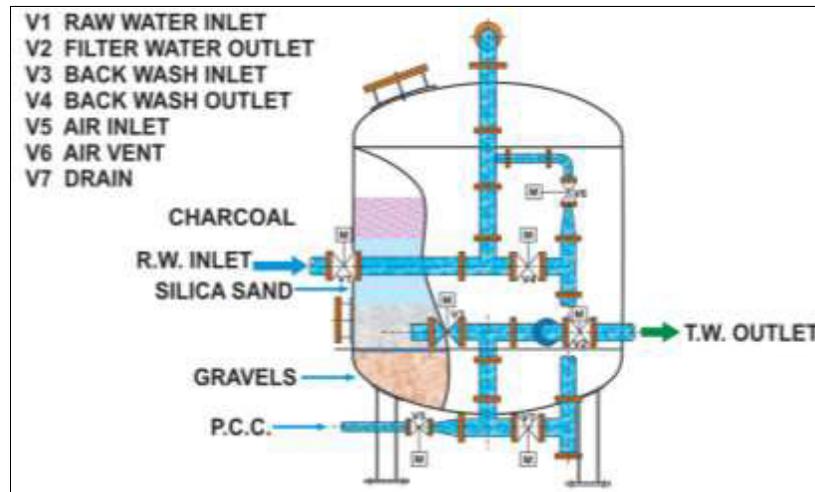


Filtros de Gravedad

- Bajo consumo de energía
- Rentable y rentable



Filtro Hidroneumáticos, pueden ser colocados horizontal o verticalmente.



Pretratamiento utilizando MF/UF

Ventajas

- Menor turbidez del filtrado y SDI menor turbidez del efluente filtrado y SDI
- Menos suciedad particulada de SWRO
- Menos cambios en el filtro de cartucho -4 a 5 meses
- Ciclo de cambio del filtro de limpieza, generalmente 4-5 meses
- Huella más pequeña de construcción
- Menos productos químicos de proceso

Desventajas

- Requiere filtro de alimentación requiere un filtro grueso
- Requiere alimentación de bisulfito para proteger SWRO requiere protección contra el cloro de ósmosis inversa
- Puede requerir coagulación para abordar bioincrustaciones
- Puede ser necesario agregar coagulante para reducir la contaminación

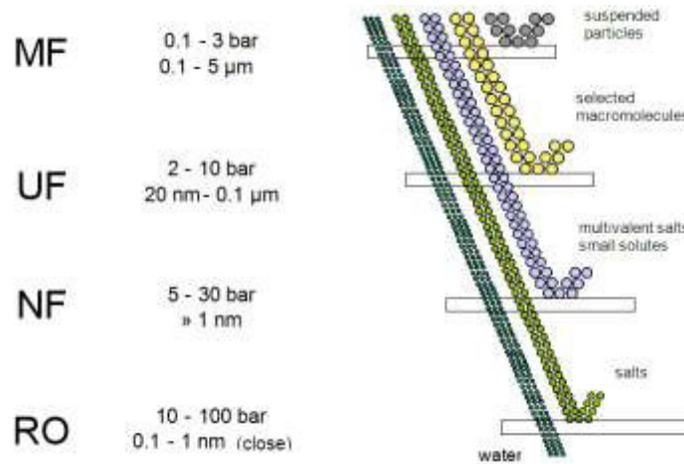
Materiales de membrana UF / MF preferidos

Alta resistencia mecánica y durabilidad

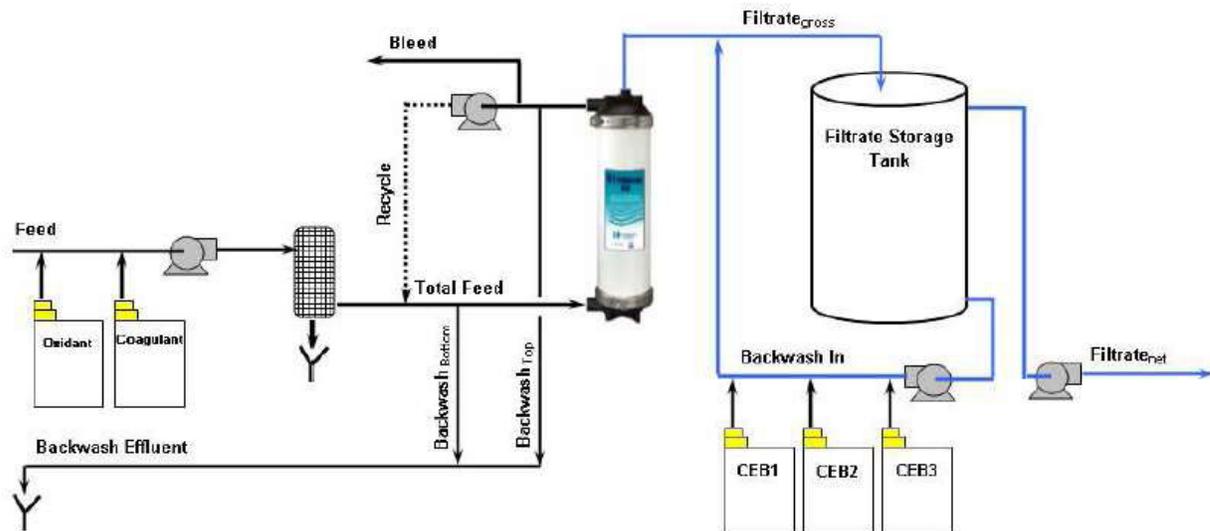
- PVDF - Polyvinylidene fluoride
- PS - polisulfona
- PES - Polietersulfona
- PAN - Polyacrilonitrile

Bajo costo del polímero Menor costo del polímero

- PE - Desventajas con uso de polietileno

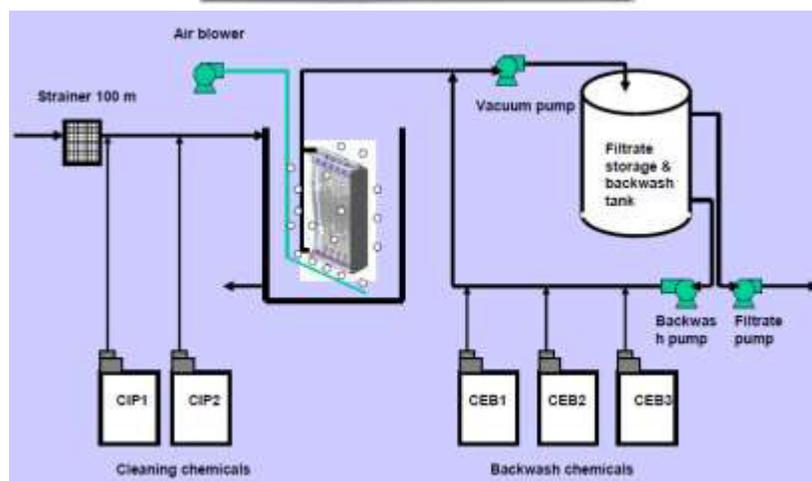


Esquema de Pretratamiento utilizando una unidad de UF/MF presurizado.



Process step	Objective	Duration	Frequency
Forward flow	Permeate production	15 – 60 min	Continuous
Backwash	Foulants removals	30 – 60 sec	Every 15 – 60 min
Chemicals enhanced backwash (CEB)	Foulants removal	1 – 15 min	Once – twice a day
Cleaning in place	Foulants removal	2 – 4 hr	Every 1 – 6 months
Integrity test	Verification of membrane integrity	20 min	Every 1 – 7 days

Esquema de Pretratamiento utilizando un sistema de UF/MF presurizado.



Process step	Objective	Duration	Frequency
Permeation	Permeate production	15 – 60 min	Continuous
Backwash & tank deconcentration	Foulants removals	15 – 60 sec	Every 15 – 60 min
Chemicals enhanced backwash (CEB)	Foulants removal	1 – 15 min	Twice a day – once per week
Cleaning in place	Foulants removal	2 – 5 hr	Every 1 – 6 months
Integrity test	Verification of membrane integrity	20 min	Every 1 – 7 days

Filtros de Seguridad

Todos los filtros de seguridad tienen una precisión de filtración de nivel micrométrico, lo que indica el tamaño de partícula que pueden filtrar

Prefiltros de 5 micras instalados delante de un sistema de ósmosis inversa para eliminar partículas de tamaño no uniforme.

Tipos de Filtros

Melt blown Filter Cartridges



El filtro es bueno para la eliminación de partículas de tamaño relativamente uniforme en todo el cuerpo del filtro, no solo en la superficie.

String Wound Filter Cartridges



El cartucho de filtro soplado en fusión estándar de 10 "y 5 micras es el menos costoso y más ampliamente en el mercado hoy en día.

El cartucho de cuerda enrollada era el elemento de filtro original del cartucho. Un cartucho de cuerda enrollada es eficaz para eliminar partículas de diversos tamaños.

El modelo estándar de 10 pulgadas y 5 micras es el cartucho de filtro más utilizado en el mercado.

Pleated Filter Cartridges

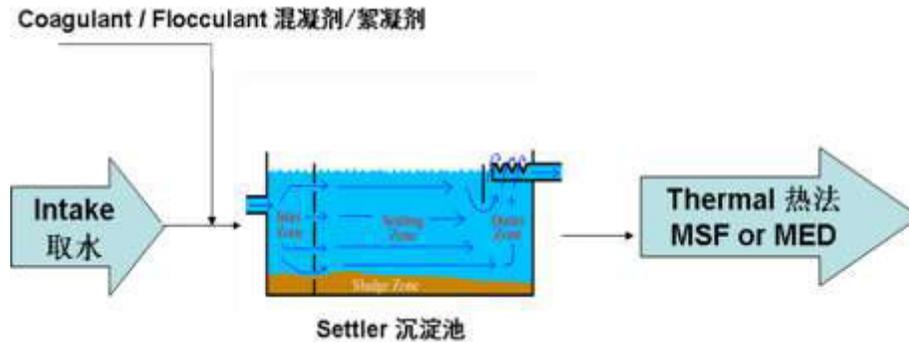


El elemento de filtro plegable puede producir un área de filtración mucho más grande que su diámetro al plegarse

La clasificación micrométrica de un filtro plisado es más precisa que los cartuchos fundidos o de cuerda enrollada.

Pretratamiento para Sistemas de Desalinización Térmica. (MED, MSF)

El proceso térmico no necesita un pretratamiento complejo de la cloración y es tolerante a las variaciones de las condiciones del agua de mar



Requisitos de calidad del agua de alimentación para el método térmico

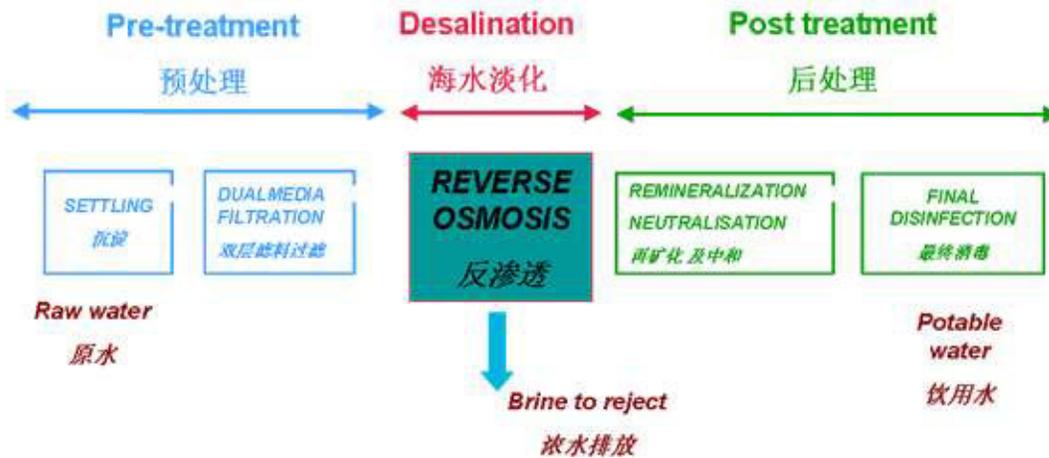
- TSS \leq 100mg / L
- Cloro residual \leq 0.5 ppm
- Tamaño del filtro \leq 4 mm
- Amoníaco $<$ 0.05 mg / L
- Sin sulfuros

Pretratamiento para Sistemas de Osmosis Inversa.

Requisitos de calidad del agua de alimentación para RO

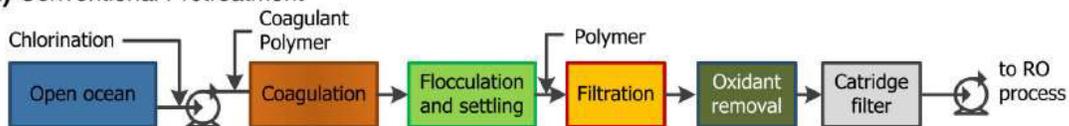
- Índice de densidad del lodo (SDI) $<$ 5 (mejor $<$ 3)
- Turbidez $<$ 1 NTU (objetivo 0.1-0.2 NTU)
- TOC $<$ 3 (recomendado por el proveedor de la membrana RO)
- Carbono orgánico total (recomendado para ósmosis inversa)
- Fe $<$ 100 μ g / L; Al $<$ 50 μ g / L de hierro
- Baja cantidad de partículas
- Sin hidrocarburos
- Sin oxidantes fuertes
- Bajo número de algas
- Sin surfactante catiónico y no iónico

TYPICAL PROCESS LINE 典型工艺流程

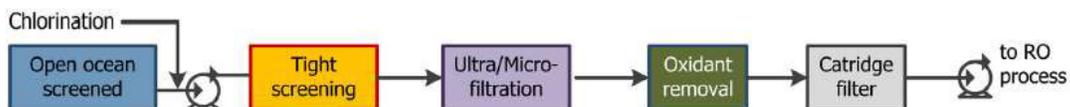


Alternativas de Diagrama de flujo de pretratamiento

a) Conventional Pretreatment



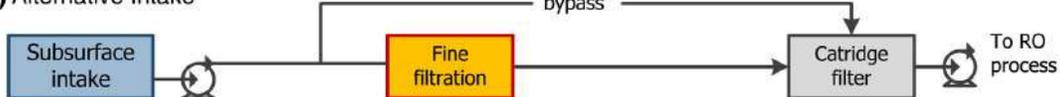
b) Alternative Pretreatment



c) Alternative Pretreatment



d) Alternative Intake



Cálculo de parámetros más importantes

Índice de densidad del sedimento (SDI)

Calculations

$$SDI = P_{30} / T_t = 100 * (1 - T_i / T_f) / T_t$$

where SDI = Silt Density Index

P_{30} = % pluggage at 30 psig feed pressure**

T_t = Total test time in minutes (usually 15 minutes, but may be less if 75% pluggage** occurs in less than 15 minutes).

T_i = initial time in seconds required to obtain sample.

T_f = time required to obtain sample after 15 minutes (or less).

NOTES

* Time to collect 500 ml should be approximately 5 times greater than the time to collect 100 ml. If 500 ml collection time is much greater than 5X, SDI should be calculated using 100 ml collection times.

** For accurate SDI measurements, P_{30} should not exceed 75%. If P_{30} exceeds this value, re-run test and obtain T_f at a shorter time, (T).

Tendencias previas al tratamiento en la desalinización del agua de mar

El pretratamiento MF / UF es una alternativa atractiva al pretratamiento convencional. Sin embargo, la selección del sistema de pretratamiento más adecuado para un proyecto de desalinización de agua de mar dado debe completarse sobre la base de un análisis exhaustivo del costo del ciclo de vida.

El pretratamiento continuará siendo el aspecto más desafiante e importante del diseño y operación de un sistema de desalinización.

La recolección de datos históricos sobre la calidad del agua y la realización de pruebas piloto de los procesos correspondientes es la clave para garantizar el funcionamiento exitoso del sistema de desalinización.

Estudio de viabilidad de ingeniería del proyecto de desalación de agua de mar

Procedimientos de construcción y requisitos básicos para proyectos de desalinización de agua de mar

- La importancia del estudio de viabilidad de ingeniería
- Análisis de necesidad y determinar la escala del proyecto
- Ubicación del proyecto de selección del sitio
- Elección primaria y comparación de los procesos técnicos
- Modo de construcción y operación
- Estimación de inversiones y análisis de costos
- Evaluación financiera

Procedimientos de construcción y requisitos básicos para proyectos de desalinización de agua de mar

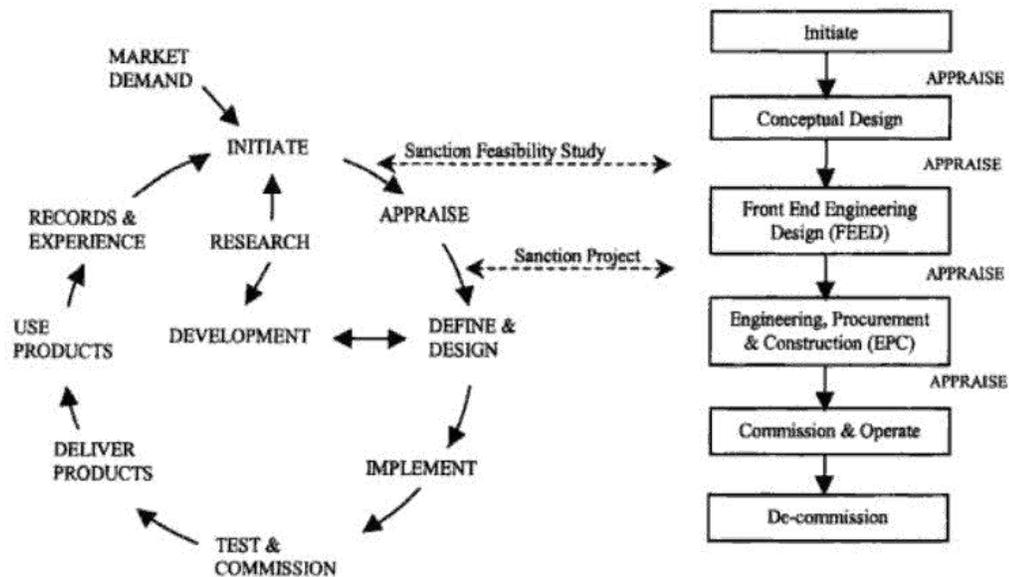


Figura 11 El período de construcción del proyecto

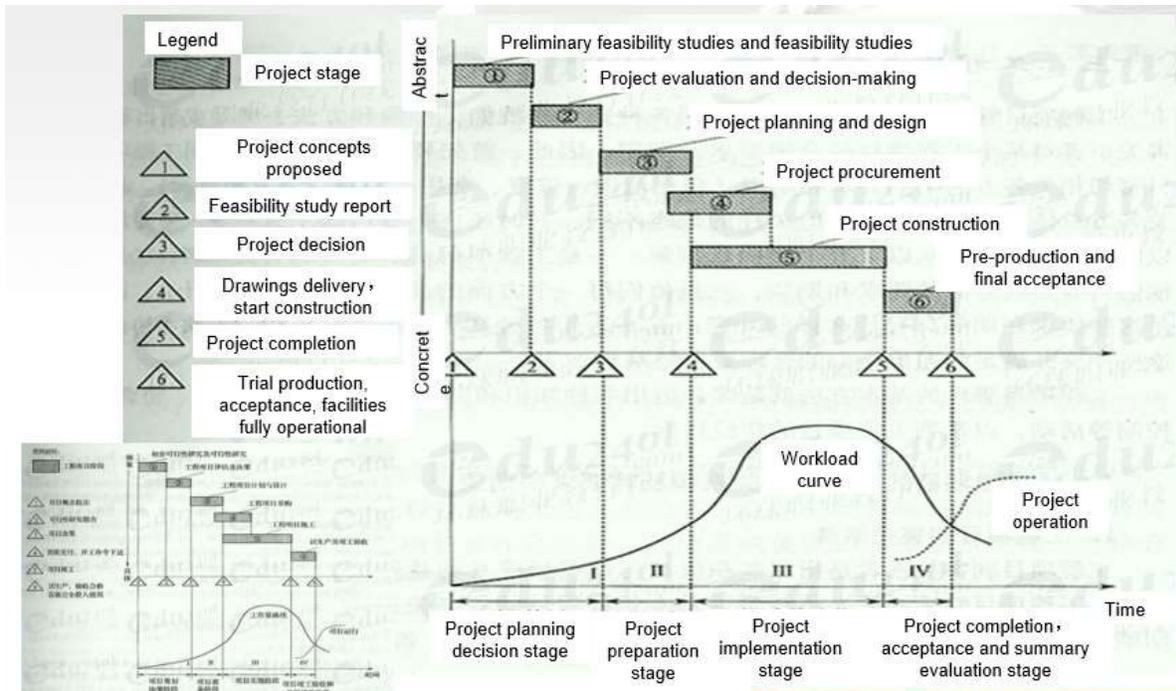


Figura 12 Carga de trabajo de cada fase de construcción

Los requisitos generales para la desalinización de agua de mar en China

- En línea con la política industrial nacional
- De acuerdo con la planificación general del uso de la tierra
- De acuerdo con los requisitos de protección del medio ambiente
- De acuerdo con los requisitos de salud y seguridad
- Cumplir con los requisitos funcionales del diseño del proyecto y cumplir con los estándares de calidad pertinentes.

La importancia del estudio de viabilidad de ingeniería.

- Proporcionar una referencia de marca de decisión a los inversores
 - Acuerdo con la política nacional
 - Análisis de la rentabilidad del proyecto
 - Efecto del proyecto en la economía nacional
- Proporcionar una base técnica para el diseño preliminar y el diseño del proyecto de construcción del proyecto
 - Condiciones de construcción del proyecto (meteorología, geología, hidrología, calidad del agua de mar, etc.)
 - Comparación de tecnología de proceso
 - Plan de construcción de ingeniería (modo de toma de agua, modo de drenaje, disposición de la planta, etc.)
- Proporcionar programas y recomendaciones para la gestión y las operaciones del proyecto

- La organización de gestión y el plan de personal
- El esquema de operación para tecnología eficiente y ahorro de energía
- Seguridad en la producción
- Producción segura
- Investigar las condiciones de la fundación de la construcción del proyecto
- Análisis de necesidad del proyecto y determinación de escala de construcción
- Selección del sitio del proyecto
- Selección de procesos y comparación de soluciones técnicas
- Ahorro de energía y reducción del consumo
- Evaluación de impacto ambiental
- Salud y seguridad (incluido el control de incendios)
- Estructuración de la organización y asignación de recursos humanos
- Modo de construcción y operación
- Estimación de inversiones y análisis de costos
- Evaluación financiera
- Evaluación social
- Análisis de riesgo

Análisis y pronóstico del consumo de agua

- Análisis y pronóstico del consumo de agua
- Consumo total de agua doméstica (consumo de agua residencial y consumo de agua en edificios públicos)
- Demanda de uso industrial
- Demanda de lavado de calles y aspersion de cinturones verdes
- Fugas de agua de la red de tuberías
- Demanda imprevista de agua
- Análisis de los recursos hídricos disponibles
 - Recursos hídricos superficiales: ríos, lagos
 - Cantidad explotable de agua subterránea
 - Otros recursos disponibles de agua dulce
- Análisis de Equilibrio de los Recursos Hídricos
 - Análisis sobre la brecha de suministro de agua
 - La determinación de la escala de desalinización de agua de mar

La determinación de la escala de desalinización de agua de mar

- Reutilización del agua reutilizada
- Desviación de agua a larga distancia

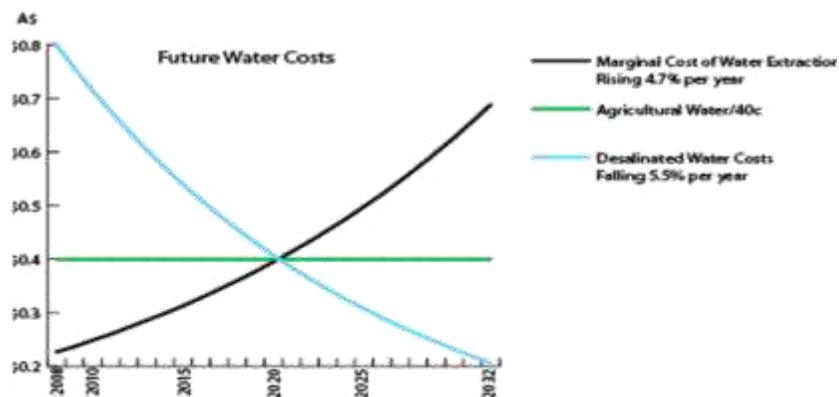
- Desalación de agua de mar

Nota especial especialmente descrita

En muchas condiciones, la desalinización del agua de mar es más confiable que la transferencia de agua a larga distancia.

La reutilización reutilizada del agua puede ahorrar parte de la demanda de agua industrial y lavado de calles. En condiciones generales, la reutilización del agua regenerada no puede utilizarse en el agua doméstica.

El precio del agua desalada en declive gradual a medida que avanza la tecnología, y la escala de desalinización debe tenerse en cuenta plenamente en el plan de desarrollo futuro.



Falling desalination prices, rising natural extraction costs and agricultural water prices could converge as soon as 2020

Source: Global Water Intelligence, Acquasol estimates

Selección del sitio

Principio básico de selección del sitio

- Bajos costos de construcción
- Buena calidad de agua potable
- Bajo impacto en el medio ambiente

Principal factor considerado

- Toma de agua
- Drenaje de drenaje
- Suministro de agua del producto

Consideraciones específicas durante la selección del sitio del proyecto

- Condiciones de energía conveniente (electricidad, vapor)
- Terreno de construcción adecuado y costo mínimo de movimiento de tierras
- Instalaciones de drenaje disponibles o instalaciones compartidas de drenaje con otros proyectos
- Transporte conveniente de agua desalada, y corta distancia para usuarios grandes
- La entrada de agua más corta y la longitud del tubo de drenaje
- Suficiente superficie disponible y se ajusta a los requisitos para una futura expansión
- Evite el impacto en las instalaciones existentes, evite el impacto en la tubería existente, etc.
- Distancia más corta con el fuerte flujo de aguas profundas
- Buenas condiciones de difusión en el área de drenaje
- No hay entrada y drenaje de agua en el mar. Zona prohibida
- Evitar el impacto de la construcción de instalaciones de riego en los arrecifes de coral, la protección legal de las especies, etc.

Comparación del proceso RO vs MED y MSF

	RO	MSF & MED
Project investment	low	high
Operation	relatively complicated	simple
Pre-treatment technology	relatively complicated	relatively simple
Effluent quality	meet standard of drinking water	close to pure water
Membrane life	3~5 year	No need
Water temperature influence	both on the water quality and water quantity	almost not on water quantity
Investment	relatively low	relatively high
Operation cost	relatively low	relatively high
Primary energy	electricity	steam

Características técnicas de proyectos típicos de desalinización

	Scale (m ³ /d)	Total investment (Millions RMB yuan)	Gross Power (kW)	Steam consumption (t/d)	Area (m ²)
MED	500	6	50	100	350
	1000	12	85	125	600
	3000	33	200	316	1500
	5000	50	310	500	2500
	10000	100	600	1000	5000
	50000	500	3000	5000	20000
	100000	1000	6000	9000	40000
RO	500	5	90	0	500
	1000	9	170	0	1000
	3000	25	510	0	3000
	5000	40	850	0	4500
	10000	70	1700	0	8000
	50000	350	8500	0	30000
	100000	700	17000	0	60000

Comparación y selección de esquemas técnicos para unidades de desalinización por ósmosis inversa

- Métodos para tomar agua (captación)
- Abastecimiento de agua abierta
- Toma de pozos de playa
- Toma de agua de mar profunda
- El proceso de pretratamiento
- Coagulación
- Filtro de arena filtro de arena
- Ultrafiltración / Microfiltración Ultrafiltración / Microfiltración

- Comparación técnica de varias etapas de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa
- Sistema de desalinización
- La selección de la tasa de recuperación
- Grupo de membranas de RO (métodos de agrupación, métodos de subsección, tamaño de elementos de membrana)
- Bombas de alta presión
- Dispositivo de recuperación de energía (tipo de turbina, tipo de conmutación de presión, etc.)
- Post procesamiento de la unidad de procesamiento
- De acuerdo con la situación de la red de tuberías y las necesidades de los usuarios

Modo de financiación del modo de financiación

- BOT, BT
- TOT, TBT
- PPP

Modo de construcción

- **EPC**

Gestión de la organización de propietarios

- La gestión profesional de la empresa (probablemente más beneficiosa para controlar los costos) comisionó operaciones profesionales de la compañía (tal vez más beneficiosas para controlar los costos)

Estimación de inversión

La primera parte del costo del proyecto

- Costos de ingeniería civil
- Costo de instalación

La segunda parte del costo del proyecto

- La tarifa de la tierra
- Costo de la tierra
- Cargo de gestión del proyecto
- Tasa de prospección de ingeniería
- Costo de diseño de ingeniería
- Cargo por supervisión de construcción del proyecto

- Costos de instalaciones temporales
- Costo de puesta en servicio conjunta
- Tarifa de seguro de ingeniería

Otros gastos

- Reserva de Contingencia Base
- Reserva de contingencia de precio

Análisis de costos

- El costo de la operación
- Consumo químico
- Consumo de energía (tarifa de electricidad, costo de calefacción)
- La sustitución de equipos y materiales (elemento de membrana, elemento de filtro, etc.) costo de reemplazo del material del equipo
- Salario del empleado
- Mantenimiento y revisión
- Cargo de gestión
- El costo de hacer agua (costo total)
- Costo de operación
- Depreciación de gastos de depreciación de activos fijos
- Intereses del Préstamo de Intereses

Análisis financiero

Nivel de beneficio básico: sobre la base de las regulaciones para el suministro de agua en la ciudad de China, los precios del suministro de agua deben estar de acuerdo con el principio de la ganancia mínima garantizada y pequeña para el agua doméstica y los precios razonables tanto para la producción como para los usuarios comerciales.

La tasa de descuento financiero (FIRR) no inferior al 8%

Cociente de cobertura de intereses (ICR) no inferior a 2

El coeficiente de reserva del servicio de la deuda no es inferior a 1.3

Tasa interna de rendimiento de FIRR

El FIRR es un indicador para medir el rendimiento financiero de la inversión de un proyecto de generación de ingresos y se utiliza para tomar la decisión de inversión.

El FIRR se obtiene al igualar el valor presente de los costos de inversión (como salidas de efectivo) y el valor presente de los ingresos netos (como flujos de entrada de efectivo) y así conocer la tasa de interés de equilibrio, i^* .

$$\sum_{i=0}^n (B_t - C_t)(1 + FIRR)^{-t} = 0$$

El indicador de tasa interna de rendimiento financiero se calcula a partir del valor actual del costo de inversión del proyecto y el valor actual de los ingresos netos del proyecto.

En general, las decisiones pueden tomarse refiriéndose a los siguientes principios:

Si $FIRR > MARR$, entonces, acepte el proyecto. Si la tasa interna de rendimiento > la tasa de rendimiento de referencia, el proyecto es factible

Si $FIRR = MARR$, entonces, permanece indiferente. Si la tasa interna de rendimiento = la tasa de rendimiento de referencia, no se puede juzgar

Si $FIRR < MARR$, entonces, rechace el proyecto. Si la tasa interna de rendimiento < tasa de rendimiento base, el proyecto no es factible

ICR tasa de reserva de intereses

Se refiere a la relación del EBIT antes de que el proyecto se pueda utilizar para pagar intereses en el período de amortización del préstamo y los intereses pagaderos por el período actual.

$$\text{Interest Coverage Ratio} = \frac{\text{EBIT}}{\text{Interest Expense}}$$

Cuando el coeficiente de reserva de intereses es inferior a 1, significa que el proyecto no tiene suficiente flujo de caja para pagar intereses.

La tasa de interés ideal debería ser mayor a 1.5.

Ratio de reserva de servicio de deuda DSCR

$$DSCR = \frac{\text{NetOperatingIncome}}{\text{DebtServices}}$$

Se refiere a la proporción de los fondos que se pueden utilizar para el reembolso del capital y los intereses en el período de amortización del préstamo y la cantidad de reembolso del capital e intereses en el período actual.

Un DSCR de menos de 1, significa que la fuente de fondos en el año actual no es suficiente para pagar la deuda actual.

Extracción de materiales de agua de mar

Tecnología de extracción – Introducción

El vasto océano es un gran tesoro de recursos y una base importante para el desarrollo humano sostenible.

Hay más de 80 tipos de elementos químicos en el agua de mar, con una reserva total de más de 500 mil millones de toneladas.

Enfrentando una serie de crisis

- Expansión poblacional
- Escasez de agua
- La escasez de recursos de la tierra El agotamiento de la tierra y los recursos

La extracción y la utilización de los recursos marinos se disfrutan como un nuevo punto de crecimiento de la economía mundial y una característica de nuestra era.

化学组分 Chemical composition	分子式Chemical formula	含量 Concentration	资源总量/吨 The total amount of resources /ton	单位资源总量/km ³ ·吨 Per cubic kilometers of water resources/ton
淡水 Fresh water	H ₂ O	96.575%	1.323E+18	9.6575E+08
氯化钠 Sodium chloride	NaCl	2.696%	3.656E+16	2.669E+07
氯化镁 Magnesium chloride	MgCl ₂	0.328%	4.493E+15	3.28E+06
硫酸镁 Magnesium sulfate	MgSO ₄	0.210%	3.57E+15	2.10E+06
硫酸钙 Calcium sulfate	CaSO ₄	0.138%	1.891E+15	1.38E+06
氯化钾 Potassium chloride	KCl	0.072%	9.86E+14	7.2E+05
溴化镁 Magnesium bromide	MgBr ₂	0.008%	1.096E+14	8.0E+04
硼 Boron	B	4.6ppm	6.3E+12	4600
氟 Fluorine	F	1.3ppm	1.781E+12	4600

锂 Lithium	Li	0.17ppm	2.329E+11	170
铷 Rubidium	Rb	0.12ppm	1.561E+11	120
碘 Iodine	I	0.06ppm	8.22E+10	60
铀 Uranium	U	0.003ppm	4.1E+09	0.3
银 Argentum	Ag	0.00004ppm	5.48E+07	0.04
金 Gold	Au	0.000004ppm	5.48E+06	0.004

Aunque las reservas totales son abundantes, las concentraciones de los elementos en el agua de mar son extremadamente bajas, lo que resulta en dificultades de extracción.

Por ejemplo, como una de las tres fuentes de energía importantes en el siglo XXI, el "uranio" tiene una reserva total de aproximadamente 4,1 billones de toneladas en agua de mar, lo que equivale a más de 2,000 veces las reservas comprobadas de tierra, pero su contenido es solo de 0,3 t / Km³

Recientemente, solo los principales elementos del agua de mar, como el sodio, el potasio, el bromo y el magnesio, se han convertido en industrias de extracción y utilización a gran escala.

La tecnología de extracción de oligoelementos marinos como el litio y el yodo se encuentra básicamente en la etapa de investigación y desarrollo.

Elementos constantes

- Producción de sal
- Extracción de bromo
- Producción de series de magnesio
- Producción de sal de potasio

Elementos traza

- Extracción de litio
- Extracción de yodo

Producción de sal

La sal (cloruro de sodio) es una necesidad para la supervivencia humana y una materia prima química básica.

La industria de la sal juega un papel importante en la economía nacional.

El proceso de producción de sal incluye principalmente los siguientes

- Sal secada al sol
- Insolación
- Evaporación de sal
- Evaporación
- Sal de electrodiálisis
- Electroosmosis
- Sal mecánica de compresión en caliente
- MVR (Recompresión Mecánica de Vapor)
- Sal secada al sol
- Insolación

El método de extracción de sodio más popular en el mundo

Ventajas:

- Sin consumo de energía convencional, baja inversión, proceso simple
- No consumo de energía convencional, proceso simple, menos inversión

Desventajas:

- Las salinas cubren un área grande y se ven seriamente afectadas por las condiciones naturales. El rendimiento de sal en bruto es bajo y la calidad es pobre.
- Desperdicio de los recursos de la tierra, producción inestable y calidad de la sal afectada por las condiciones naturales

Sal de evaporación multi-efecto

En China, algunas de las empresas de sal han adoptado un proceso de evaporación multiefecto

El pozo de sal está hecho de salmuera casi saturada, y la empresa de sal marina usa salmuera saturada como materia prima.

El paso clave es la cristalización por evaporación. El tamaño de partícula y el cristalino están influenciados por la estructura del evaporador.



汉盐四效蒸发制盐装置
4-effective evaporator for sea salt



井矿盐四效蒸发制盐装置
4-effective evaporator for well and rock salt

Electro-osmosis

En algunos países, la electrodiálisis se utiliza principalmente para el enriquecimiento de agua de mar en el proceso de producción de sal.

En Japón, la electroósmosis ha reemplazado a la insolación durante más de 30 años. También ha sido aplicada por Australia, América del Sur y algunos otros países.

Enlace clave es la concentración de electrodiálisis, el equipo clave es la celda de electrodiálisis



Electroosmosis facility



电渗析制盐流程
Electroosmosis salt production process

Compresión térmica mecánica

MVR (Recompresión Mecánica de Vapor)

El proceso de producción de sal MVR es uno de los procesos de sal más avanzados en el mundo. Característica importante: el segundo vapor de baja presión es re comprimido por el compresor de vapor, y luego reutilizado por el recipiente de evaporación.

La aplicación de la tecnología de ahorro de energía MVR hace que el segundo reciclado de vapor se convierta en la fuente de calor.

Mejore la economía de calor del vapor, logre los propósitos del ahorro de la energía.

Adecuado para la instalación ubicada en la región con bajo precio de la electricidad.



MVR装置图

MVR facility

Extracción de bromo

El bromo es conocido como un elemento marino y se encuentra principalmente en agua de mar, salmueras de superficie, salmueras subterráneas y aguas saladas.

El bromo es una materia prima industrial básica y se usa ampliamente en retardantes de llama, productos farmacéuticos, pesticidas y materiales fotosensibles.

Desarrollo de tecnología

En 1877, se formó un proceso de bromo que utiliza cloro como oxidante y se convirtió en la base de la industria moderna del bromo.

En 1897, se usó un "método de destilación al vapor" en el que se usó salmuera como materia prima para el bromo, y se usó una columna empacada con bromo con operación continua.

En 1899, la compañía de Dow inventó el "método Air-blow off"

En la actualidad, el "método de destilación al vapor" y el "método de soplado del aire" son los procesos de extracción de bromo más utilizados en la industria nacional y en el extranjero.

Se ha descubierto una nueva tecnología llamada "método de membrana de gas" en los últimos años

Método de destilación de vapor

Proceso

Después del precalentamiento, la salmuera acidificada se agrega continuamente desde la parte superior de la torre empacada, y se introducen cloro y vapor en el fondo de la torre empacada.

En la torre de columnas compactada, Br^- de la salmuera se oxidó a Br_2 con cloro. El Br_2 se lleva a cabo por vapor desde la torre de destilación y luego se condensa y se separa

El consumo de vapor de este método es grande, especialmente cuando el contenido de Br^- de la materia prima es bajo, el consumo de vapor aumentará varias veces

Este método es más adecuado cuando el contenido de bromo de la salmuera de materia prima es superior a 5 g / l, y la salmuera de agua de mar no es adecuada para la producción de bromo.

El agua de salinidad de la Región de los Grandes Lagos de EE. UU. Y del Mar Muerto es rica en alto contenido de Br^- , por lo que este método es muy económico en dicha área

En China, el contenido de Br^- en agua de mar o salmuera es mucho menor que 5g / L

Método de eliminación de aire

Principio del proceso

En condiciones ácidas, los iones de bromuro se oxidan con cloro gaseoso en bromo libre. El bromo libre se expulsa de la salmuera por aire y es absorbido por el líquido de absorción para formar una alta concentración de solución de enriquecimiento que contiene bromuro.

Una concentración alta de Br^- del líquido absorbente se oxidará a Br_2 por Cl_2 nuevamente, luego se llevará a cabo mediante vapor, se condensará y se separará para producir el producto Br_2 .

Es la tecnología de extracción de bromo más madura y popular

Depende de la característica de líquido absorbente, se puede dividir en método de absorción de aire de absorción de álcali y método de eliminación de aire de absorción de ácido.

Se puede usar para extraer bromo del material con bajo contenido de Br (el mínimo es aproximadamente 0.1 g / L)



空气吹出法装置
Air-blow off method facility

Método de membrana de gas

Principio del proceso

Primero, los iones de bromuro son oxidados por cloro gaseoso en bromo

En primer lugar, Br⁻ es oxidado a Br₂ por cloro

Cuando el líquido de la materia prima pasa a través de los microporos de la membrana gaseosa, el bromo se volatiliza en un estado gaseoso en los poros de la membrana.

Luego, el gas Br₂ se extiende a otro lado de la membrana y reacciona con un absorbente bajo la fuerza impulsora del gradiente de concentración de Br

La solución acuosa no puede pasar a través de la membrana gaseosa para lograr la separación de la solución.

Es una tecnología recientemente desarrollada en los últimos años, y se ha construido un proyecto piloto a escala de cien toneladas

El consumo de gas del bromo por el método de la membrana de gas es menor que el del método de soplado de aire y el método de destilación al vapor.

El costo total del "método de membrana de gas" está profundamente influenciado por el costo de la membrana.



百吨级气态膜提溴中试装置 (PVDF 膜)
Hundred-tons scale pilot project (PVDF membrane)

百吨级气态膜提溴中试装置 (PTFE 膜)
Hundred-tons scale pilot project (PTFE membrane)

Producción de series de magnesio

El magnesio es un término general para hidróxido de magnesio, óxido de magnesio y sales de magnesio.

Los productos incluyen varios productos

- Hidróxido de magnesio
- Óxido de magnesio
- Cloruro de magnesio
- Sulfato de magnesio

Hidróxido de magnesio $Mg(OH)_2$

Método de producción

Método de la soda cáustica: utilizando soda cáustica (NaOH) y salmuera como materias primas, reaccionando a una determinada temperatura

Método de amoníaco: la reacción se lleva a cabo con amoníaco (NH_3) y salmuera como materias primas, y el líquido de finalización de la reacción contiene cloruro de amonio, que se agrega a la cal para producir un sistema de reacción de retorno de gas de amoníaco.

Método de cal: reaccionando con cal ($Ca(OH)_2$) y salmuera como materia prima

Magnesio óxido MgO

Un importante producto químico inorgánico, ampliamente utilizado en muchos campos como la metalurgia, materiales de construcción, productos petroquímicos, productos farmacéuticos, etc.

Los métodos para preparar óxido de magnesio de alta pureza en agua de mar incluyen el "método de descomposición térmica de halógeno" y el "método de calcinación de precipitación".

Precipitación y calcinación: precipitante que incluye carbonato, amoníaco, crema de lima y bicarbonato de amonio, con el precipitante para producir hidróxido de magnesio o carbonato de magnesio, luego el hidróxido de magnesio o el carbonato de magnesio se calcina en óxido de magnesio.

Cloruro de magnesio $MgCl_2$

Materias primas industriales básicas para la producción de magnesio metálico, desinfectantes, salmuera congelada, cerámica, etc.

Uso básico de materia prima industrial para producir magnesio metálico, desinfectantes, cerámicas, etc.

Sulfato de Magnesio $MgSO_4$

Materias primas industriales básicas para uso en bronceado, explosivos, papel, fertilizantes y laxantes médicos orales.

Producción de sal de potasio

El potasio es uno de los tres elementos necesarios para el crecimiento de los cultivos

Productos de fertilizantes de potasio ampliamente utilizados principalmente principalmente cloruro de potasio

El cloruro de potasio es el producto de potasa más utilizado

El papel principal del fertilizante de potasa en los cultivos es equilibrar el nitrógeno, el fósforo y otros nutrientes para mejorar la calidad de los cultivos y aumentar los rendimientos de los cultivos.

Producción de sal de potasio

Durante mucho tiempo, los gobiernos siempre han otorgado gran importancia al desarrollo de abundantes recursos de potasio de agua de mar.

La tecnología de desarrollo de los recursos de potasio de agua de mar se concentra principalmente en dos aspectos.

- Extraer potasio de Bittern
- Extracción directa de potasio del agua de mar

Extraer potasio de Bittern

Bittern es el subproducto de la industria salinera, la concentración de K^+ es de aproximadamente 13g / L a 15g / L (que es aproximadamente 30 veces mayor que la concentración de K^+ de agua de mar), y la convierte en una excelente materia prima para la extracción de potasio.

Extraer potasio del agua de mar

Muchos científicos en el mundo han estado trabajando en la extracción de potasio del agua de mar durante muchos años, pero no han logrado la industrialización debido a los costos de extracción excesivos.

Por lo tanto, desarrollar tecnología industrial de extracción de potasio del agua de mar es uno de los desafíos científicos mundiales.

Extracción de litio

El litio y sus compuestos son conocidos como "elementos de energía" por su excelente rendimiento.

Ampliamente utilizado en campos industriales de alta tecnología y tradicionales como la conversión de energía, generación de energía nuclear, industria aeroespacial, ligera, petroquímica, electrónica, caucho, acero, maquinaria, medicina, etc.

Por lo tanto, el litio es uno de los recursos estratégicos más importantes en el desarrollo económico nacional y la construcción de la defensa nacional.

Métodos de extracción de litio del agua de mar o salmuera

- Método de precipitación
- Método de extracción de solvente
- Método de adsorción de intercambio iónico

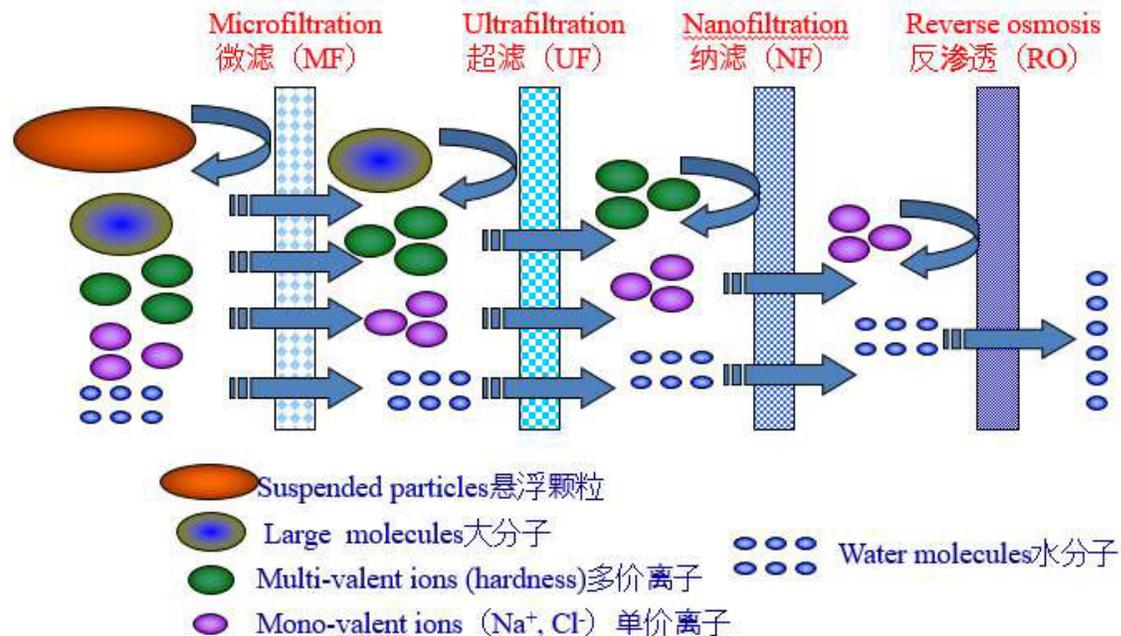
Extracción de yodo

El yodo se encuentra principalmente presente en forma de yoduro soluble en la tierra, concentrado en el océano y los lagos salados.

Los principales procesos de producción para extraer yodo de la salmuera rica en yodo son el soplado de aire y el intercambio de iones.

Membrana de ósmosis inversa: estado actual y perspectiva futura

Materiales principales de separación, y ampliamente utilizados en el tratamiento del agua, energía, mejora del medio ambiente y actualización de las industrias tradicionales.



Membrana de ósmosis inversa de membrana RO

La membrana utilizada en procesos de OI que pueden separar sales y moléculas de agua puede usarse en el proceso de ósmosis inversa de membranas que pueden separar sales y moléculas de agua

Módulo de membrana de ósmosis inversa del módulo de membrana RO

La configuración de la membrana RO para la aplicación. En aplicaciones prácticas, necesitamos diseñar la membrana RO en una cierta estructura.

La selectividad de membrana describe la capacidad de la membrana de RO para separar las sales y el agua. La capacidad de las membranas de ósmosis inversa para separar las sales y las moléculas de agua se denomina "selectividad de membrana".

$$J = \frac{Q}{t}$$

(J : water flux; Q : water flow rate; t : time)

Flujo de agua: representa qué tan rápido puede transportarse el agua a través del flujo de agua de la membrana, principalmente se refiere a la velocidad del agua que pasa a través de la membrana RO

Rechazo de sal: representa cuántas sales puede retener la tasa de rechazo de la membrana, principalmente se refiere a cuánta sal puede interceptar la membrana RO.

$$R = \frac{C_F - C_P}{C_F}$$

(R : salt rejection; c_F/c_p : salt concentration in the feed/permeate)

Hay muchas maneras de clasificar las membranas RO.

De acuerdo con la estructura de la membrana, la membrana RO se puede dividir en dos tipos según la estructura de la membrana.

(1) Membrana asimétrica asimétrica de RO de membrana



(2) membrana de película delgada compuesta (TFC)



De acuerdo con la naturaleza del material de la membrana

Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función del tipo de material de membrana

- (1) membrana orgánica: membrana de poliamida, membrana orgánica de membrana de acetato de celulosa, por ejemplo, membrana de poliamida y membrana de acetato de celulosa.
- (2) Membrana inorgánica / cerámica: hecha de alúmina, sílice, titania, zirconia o cualquier mezcla de estos materiales. La membrana inorgánica, también conocida como membrana cerámica, está hecha de alúmina, sílice, titania, zirconia o una mezcla de estos materiales. Cheng Cheng

De acuerdo con el tipo de módulo de membrana.

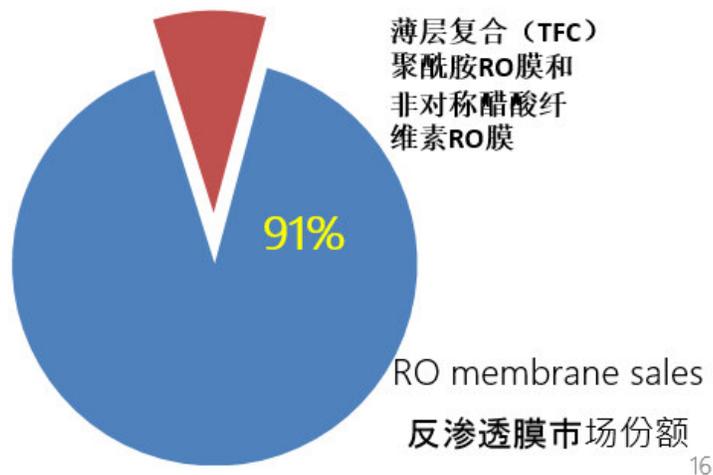
- (1) membrana de la herida espiral
- (2) membrana de fibra hueca
- (3) membrana tubular
- (4) membrana plana

De acuerdo con la aplicación de la membrana

- (1) membrana de RO de agua de mar: para el agua con una concentración total de sólidos disueltos > 10000 mg / l
- (2) membrana RO de agua salobre: para el agua con una concentración total de sólidos disueltos < 10000 mg / l

Dos membranas de OI dominantes en el mercado: dos tipos de membranas de OI ocupadas en el mercado.

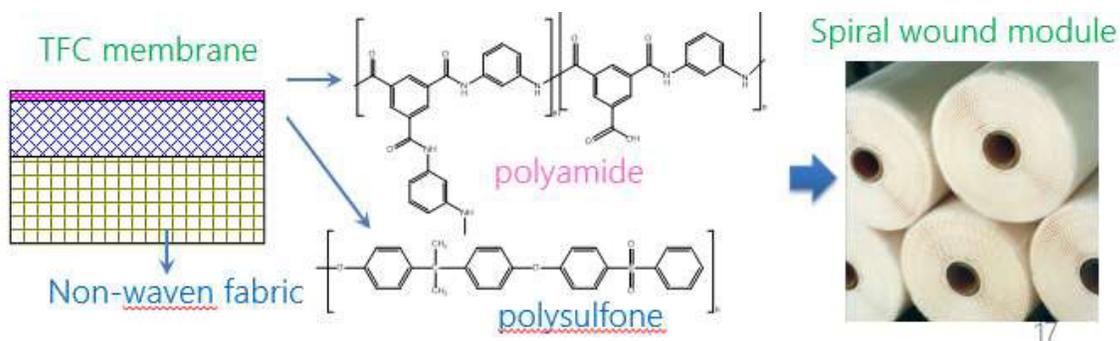
- Thin-film composite polyamide RO membrane
- Asymmetric cellulose acetate RO membrane



Estructura de la membrana: compuesto de película delgada

Material de membrana

- Capa de la piel: poliamida
- Capa de soporte porosa de soporte poroso: material de polisulfona
- Soporte de respaldo: tela no ondulada
- Forma de conjunto de membrana de módulo de membrana: película enrollada en espiral



Membrana de poliamida TFC - ventajas

- Alto flujo y alto rechazo de sal
- Resistencia a la compactación a alta presión
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento (0-45 ° C)
- Amplio rango de pH operativo (1-11)
- Alta estabilidad al ataque biológico

Membrana de poliamida TFC - desventajas

- Susceptible a incrustaciones (debido a las propiedades de la superficie)
- Disminuir el flujo de agua reduce el flujo de agua
- El rechazo de la sal afecta el rechazo de la sal
- Aumenta el consumo de energía
- Acortar la vida útil de la membrana acorta la vida de la membrana
- Susceptible al ataque de cloro: El enlace amida y el anillo aromático de poliamida pueden reaccionar con cloro para reaccionar con amida y anillos aromáticos de poliamida.

Debido a que las diferentes capas de membrana TFC tienen diferentes composiciones químicas, la fabricación de la membrana TFC debe completarse por varios pasos, generalmente dos pasos.

- Fabricación de capa de soporte porosa de polisulfona
- Fabricación de capa de piel de poliamida densa

Membrana asimétrica de acetato de celulosa

- Estructura de la membrana: estructura asimétrica de la membrana
- Material de membrana: acetato de celulosa
- Módulo de membrana: módulo de membrana de fibra hueca

Membrana de acetato de celulosa asimétrica: ventajas

- Alta tolerancia al cloro
- Altas propiedades antiincrustantes
- Bajo costo
- Estrecho rango de pH operativo (4.5-7.5)
- Límite de temperatura superior baja
- Susceptible al ataque biológico
- Baja resistencia microbiana
- Debilidad de resistencia a la compresión

La fabricación de la membrana de acetato de celulosa puede completarse en un paso, normalmente mediante el método de separación de fases.

Teoría: cambiar el estado termodinámico de una solución de polímero, causando la separación de fases.

Empresas de membranas.

Membrana de TFC poliamida RO (en forma de espiral)

- Película de poliamida RO TFC (tipo rollo)

Company name 公司名称	Country 国家
Dow	USA
Nitto Denko - hydranautics	Japan
Toray	Japan
Koch	USA
General Electric	USA
Vontron	China
Customer satisfaction membranes (CSM)	Korea

Membrana asimétrica de acetato de celulosa: Toyobo (Japón)

- (en forma de fibra hueca)
- Acetato de celulosa asimétrico: Toyobo (Japón) (fibra hueca)

TFC poliamida RO membrana productos

(1) Serie de productos

Cada compañía lanza más de una serie de productos

Diferentes series tienen diferentes características, adaptadas para diferentes aplicaciones.

- Membrana de serie de rechazo de sal
- Alta serie de rechazo de boro
- Serie resistente a la suciedad
- Serie resistente a los oxidantes
- (Extra / Ultra) serie de baja energía.

Productos de membrana de RO de poliamida TFC

(2) Spiral wound module size

Index	Value
Module diameter (in)	8, 4, 2.5, 2...
Module length (in)	40, 21, 14...



✓The predominant modules:

8040 (D=8in, L=40in), 4040 (D=4in, L=40in)

For large-scale application (e.g. desalination)

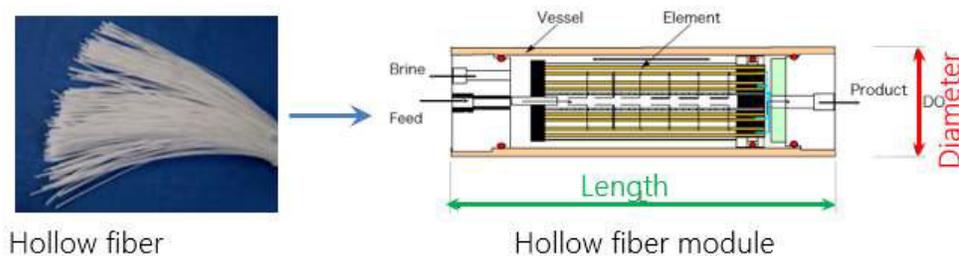
✓Small modules: for small-scale application (e.g. household)

Larger modules (e.g. D=16in), being developed (Dow, Toray)

Model	Membrane surface (m ²)	Salt rejection (%)	Water flux (LMH)	Manufacture
XLE-4040	8.1	99	50.7	Dow
XFRLE-400/34i	37	99.4	49.1	
BW30HR-440i	41	99.7	48.7	
SW30XHR-400i	37	99.82	25.6	
SW30XLE-400i	37	99.8	38.4	
TMH20A-370	34	99.3	47.4	Toray
TMG20-400	37	99.5	43.4	
TM720D-440	41	99.8	46.6	
TM820V-400	37	99.8	38.4	
ESPA4 MAX	40.9	99.2	51.0	Nitto denko-Hydranautics
ESPA2 MAX	40.9	99.6	46.3	
CPA3-LD	37.2	99.7	46.7	
SWC6	37.2	99.8	50.9	
XLP11-4040	8.4	98	37.6	Vontron
ULP32-8040	37	99.5	44.8	
PURO-I	37	99.5	44.8	
SW22-8040	35.2	99.7	26.9	

Productos asimétricos de membrana de RO de acetato de celulosa

(1) Hollow fiber module size



Hollow fibers need to be glued together to be a bundle, usually in a cylinder form

(1) Tamaño del módulo de fibra hueca

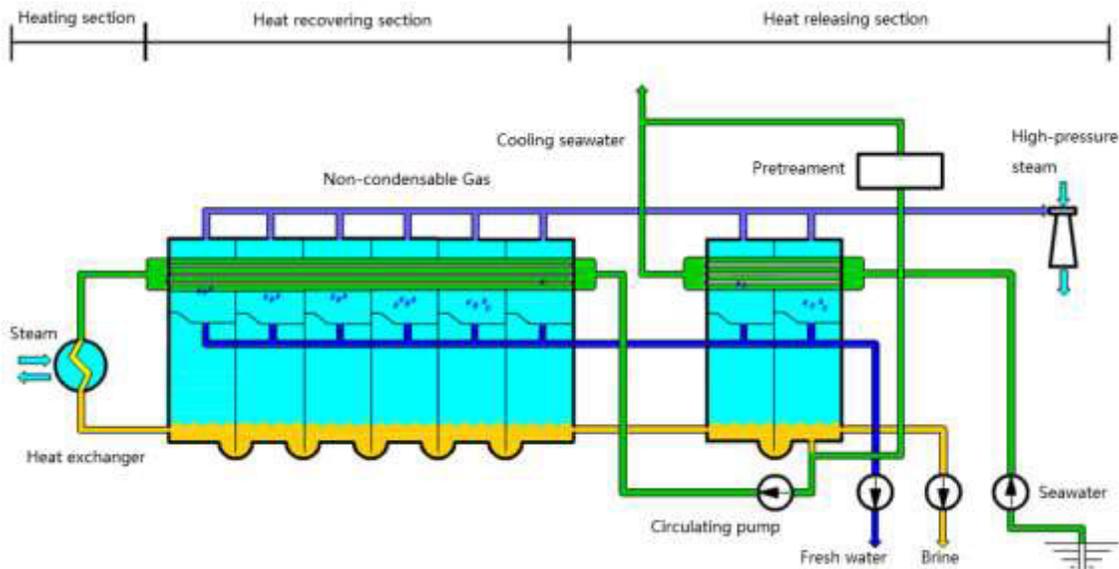
Model of hollow fiber module	Diameter × Length (mm×mm)
HR3155	104 × 400
HR8355	305 × 1330
HM8255	298 × 2602
HM10255	390 × 2863
HB10255	400 × 3097
HL10255	380 × 4433

(2) Parámetros del rendimiento de filtración

Model of hollow fiber module	Product flow rate (m ³ /d)	Salt rejection (%)
HR3155	0.4	99.6
HR8355	12	99.6
HM8255	27.5	99.6
HM10255	45	99.6
HB10255	62	99.6
HL10255	95	99.6

Diseño del proceso de desalinización térmica

Desfragmentador multietapa Flash Destilación (MSF)



Paso 1: La baja presión hace que el agua de mar caliente hierva inmediatamente después de entrar en el siguiente efecto.

Paso 2: La ebullición rápida e intensa hace que parte del agua de mar se evapore rápidamente o se convierta en vapor.

Paso 3: El vapor de flash se eleva rápidamente y pasa a través de un desempañador para eliminar las gotas de salmuera transportadas.

Paso 4: El vapor de agua purificado se condensa en agua destilada a través de un haz de tubos condensadores y se recoge en un tanque de destilación.

Paso 5: La salmuera entra en la cámara de flash de la próxima etapa.

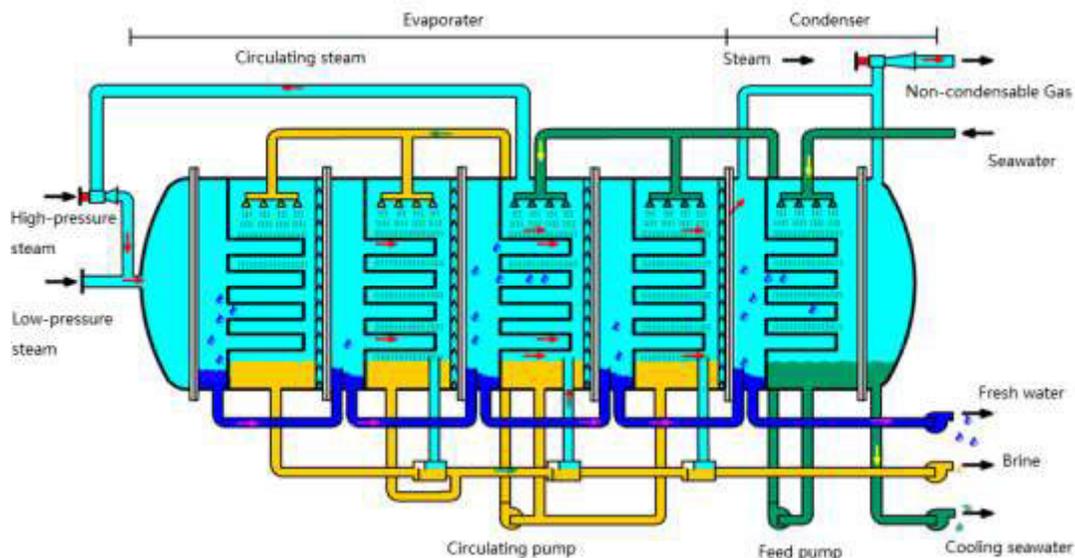
Paso 6: A medida que la siguiente etapa fue operada a una presión más baja, parte de la salmuera continuó siendo concentrada instantáneamente.

Paso 7: La salmuera parpadea sin vapor para bajar la temperatura hasta que se alcanza el último efecto. Por lo general, en el último efecto, > 3 - 5 ° C más alta que la temperatura del agua de mar.

MSF tiene las siguientes características tecnológicas:

- Gran capacidad de la unidad
- Operación confiable y estable
- Alta temperatura de evaporación ($> 120^{\circ}\text{C}$) alta temperatura de evaporación
- Consumo de energía (3.4 a 4.5 kWh / m³) Consumo de energía
- Menos flexible en operación
- Como un proceso altamente confiable, MSF se ha aplicado ampliamente a la desalinización de agua de mar, que es una solución importante para el agua potable en los países del Golfo.

Destilación multiefectos (MED)



Paso 1: dentro de cada efecto MED, se rocía agua de mar fría sobre un haz de tubos del intercambiador de calor mientras el vapor que fluye a través de los tubos se condensa en agua pura del producto. En cada efecto, el agua de mar enfriada se pulveriza sobre el haz de tubos de transferencia de calor mientras el vapor que fluye en el tubo se condensa en agua dulce.

Paso 2: En la superficie externa del tubo de transferencia de calor, la película líquida de agua de mar hierve y se evapora debido al calor absorbido por el vapor.

Paso 3: El vapor resultante pasa a través de los eliminadores de niebla para atrapar las gotitas de salmuera arrastradas antes de que el vapor se introduzca en los tubos en el siguiente efecto. Después de que el vapor generado pasa a través del separador de vapor-líquido, las gotitas de salmuera arrastradas se separan y eliminan, y el vapor pasa al siguiente efecto.

Paso 4: el proceso se repite a lo largo de la planta.

Al igual que en el proceso de desalinización instantánea de varias etapas, el sistema MED debe estar equipado con un sistema de escape para eliminar los gases no condensables del sistema. Por lo general, el agua de alimentación para MED solo puede pretratarse con un filtro relativamente escaso.

Se puede agregar un inhibidor de incrustaciones para minimizar la deposición de escamas minerales dentro del sistema. Los productos químicos que inhiben las incrustaciones normalmente se dosifican de 1 a 5 mg / litro.

Ventajas

- El cambio de fase requerido
- Necesidades de energía: vapor y electricidad
- Producción: Propósito único (agua) y Doble propósito (potencia / agua)
- Solo agua y cogeneración
- Pretratamiento simple
- Operación confiable y larga vida (25 ~ 30 años)
- Alta calidad del agua producida (<5 mg / l)

Tendencias tecnológicas

- Unidad a gran escala y capacidad del proyecto
- Material de bajo costo y anticorrosivo
- Operación de ahorro de energía y confiable
- Planta de energía y desalinización de doble propósito
- Uso integral de la salmuera

En la actualidad, la capacidad total y la capacidad de unidad única de MED han alcanzado el mismo nivel de MSF. La escala independiente y de ingeniería de MED ha estado en el mismo nivel que MSF.

MED muestra la poderosa y rápida tendencia de desarrollo debido a:

- Ser factible de bajo grado o calor residual
- Bajo consumo de energía
- Alta eficiencia de transferencia de calor
- Bajo costo de capital
- Sea flexible en operación

Diseño y características de construcción

Una planta de desalinización térmica de agua de mar consta de las siguientes tres unidades funcionales:

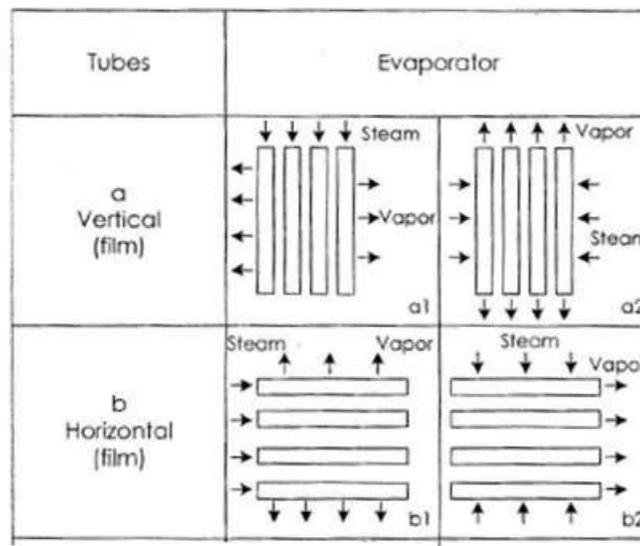
- Entrada de calor
- Evaporación
- Eliminación de calor

En un proceso de desalinización térmica, la transferencia de calor actúa indirectamente como desalar y producir agua pura.

Las superficies de transferencia de calor son necesarias para el precalentamiento y la evaporación. Los elementos de transferencia de calor son típicamente tubos y láminas de transferencia de calor comercialmente disponibles.

La evaporación tiene lugar en una delgada película de agua de mar en un lado de la superficie de transferencia de calor y la condensación en el otro. El agua de mar forma una fina evaporación en la superficie del tubo de transferencia de calor y el vapor se condensa en el otro lado de la superficie de transferencia de calor.

Los tubos pueden disponerse vertical u horizontalmente. Los tubos de transferencia de calor pueden disponerse vertical u horizontalmente.

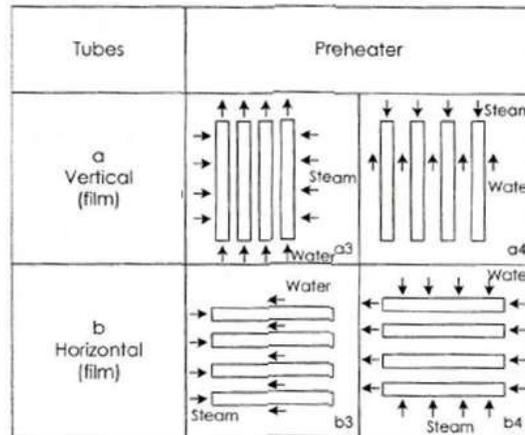


(a1, b1) La condensación en los tubos, la evaporación en los tubos. La condensación en el tubo, la evaporación fuera del tubo

(a2, b2) La evaporación en los tubos, la condensación en los tubos. Evaporación en el tubo, condensación fuera del tubo

En la versión a1, la distribución de una película líquida en el exterior de un tubo vertical es difícil. La versión a2 es en comparación mucho más simple. En a1, es muy difícil realizar la distribución de la película líquida en la superficie exterior del tubo vertical; Fácil.

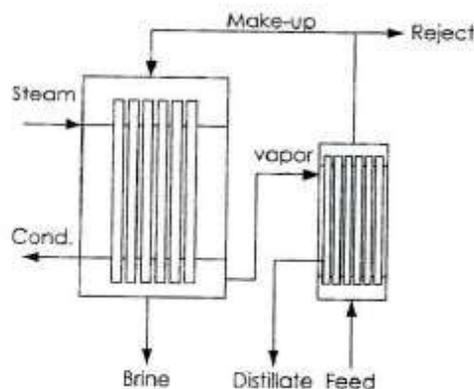
En b2, es imposible lograr una distribución de película líquida en la superficie interna de la tubería horizontal; b1 es relativamente fácil.



En el precalentador, la condensación tiene lugar en tubos, el agua que se va a calentar fluye dentro de la carcasa o en los tubos. Para el precalentador, la condensación se produce en las superficies interna y externa de los tubos de transferencia de calor. Las superficies interna y externa son calentadas

(a3, b4) La condensación en los tubos, el calor del agua en los tubos, la condensación fuera del tubo, el calentamiento de la materia prima líquida en el tubo

(a4, b3) La condensación en los tubos, el calor del agua en los tubos condensados en el tubo, el líquido de la materia prima se calienta fuera del tubo



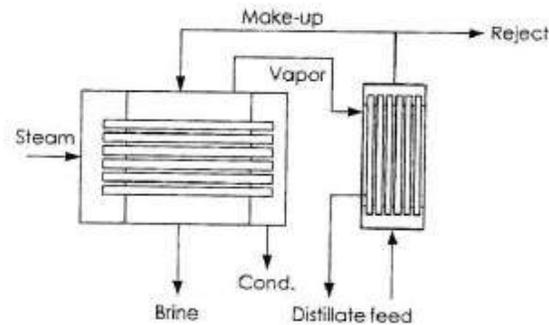
En las versiones a4 y b3, la distribución uniforme del fluido en la carcasa es difícil de lograr y la limpieza / incrustación se limpiará con un gran gasto. Es difícil distribuir uniformemente el líquido fuera del tubo de transferencia de calor, y el costo de limpiar la suciedad es demasiado alto.

Como resultado de la selección del proceso, los siguientes tipos de intercambiadores de calor serán adecuados para su uso como unidades de desalinización térmica.

Versión A

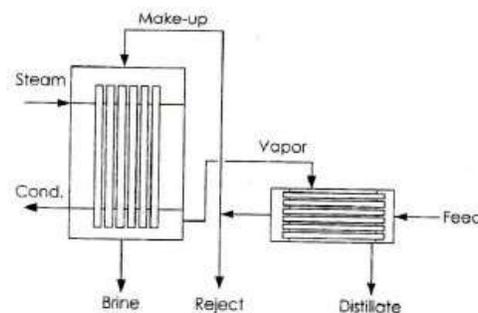
Evaporación: tubos verticales, condensación en el exterior, evaporación en el interior

Pre calentador: tubos verticales, condensación exterior, agua de mar en el interior



Versión B

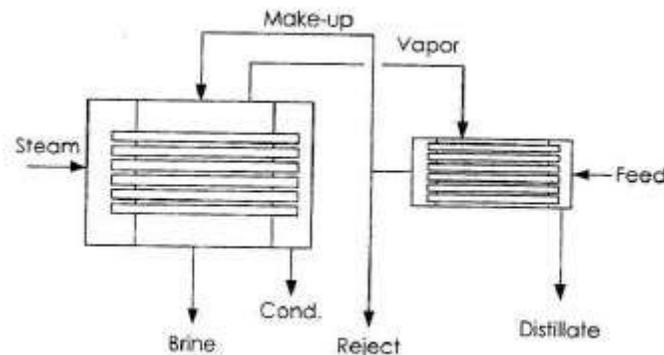
Evaporación: tubos horizontales, condensación en el interior, evaporación en el exterior Pre calentador: tubos verticales, condensación exterior, agua de mar en el interior.



Versión C

Evaporación: tubos verticales, condensación en el exterior, evaporación en el interior

Precalentador: tubos horizontales, condensación exterior, agua de mar en el interior



Versión D

Evaporación: tubos horizontales, condensación en el interior, evaporación en el exterior

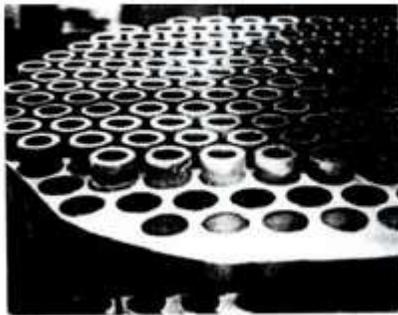
Precalentador: tubos horizontales, condensación en el exterior, agua de mar en el interior de precalentamiento, tubería horizontal, condensación fuera de la tubería, que fluye dentro de la tubería de mar.

Características de diseño y construcción

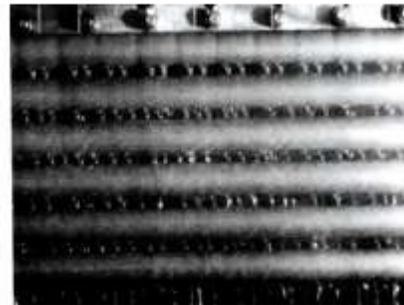
La superficie interna del evaporador vertical se humedece mediante un dispositivo líquido de tela profesional, como un manguito de inserción. Es más complicado que mojar la superficie exterior del tubo horizontal.

Cada tubo individual recibe el mismo volumen de agua para evitar escamas en tubos verticales, mientras que la mezcla es posible después de cada fila de tubos horizontales. Cada tubo puede recibir una cantidad uniforme de agua, evitando el ensuciamiento vertical del tubo y cada nivel de fila. La mezcla líquida puede ocurrir cuando el tubo está en la tela.

Vertical tubes 垂直管



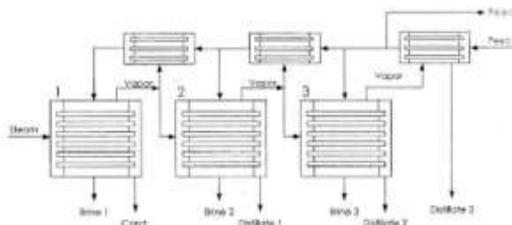
Horizontal tubes 水平管



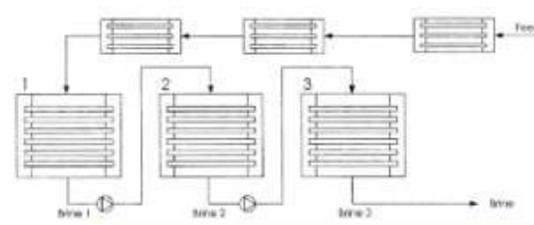
La evaluación de la disposición horizontal o vertical del efecto se toma mediante la distribución del flujo de reposición en los tubos del evaporador del efecto individual.

Se puede aplicar una distribución paralela o sucesiva del flujo de reposición al efecto en la planta de desalinización térmica.

Parallel 平行



Successive 串联



Additional pumps required 增加额外水泵

Two alternatives for a MED plant with horizontal tube evaporators and preheaters

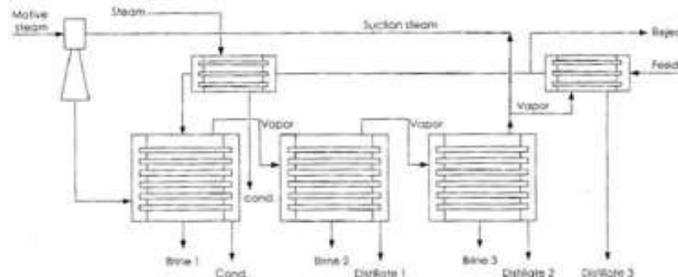
La versión MED + TVC: modo MED + TVC

Basado en el proceso MED, una parte del vapor producido en uno de los últimos efectos se extrae mediante un eyector de vapor, luego el vapor de succión se

vuelve a comprimir con vapor a presión media y se descarga de nuevo en el efecto más caliente. Al final del evaporador, parte del vapor es extraído por el TVC, y el efecto de alta temperatura vuelve a entrar en el frente.

Este reciclaje permite mayores relaciones de rendimiento para la misma cantidad de efectos.

The MED+TVC Plant with three effects could have a performance ratio of 5~6.
MED+TVC装置具有三效, 造水比达到5-6.



The MED plant in horizontal arrangement with thermal vapor compression

El agua de mar fluye por el exterior de los tubos, mientras que el vapor se condensa dentro de los tubos, el agua de mar fluye fuera de los tubos y el vapor se condensa dentro de los tubos.

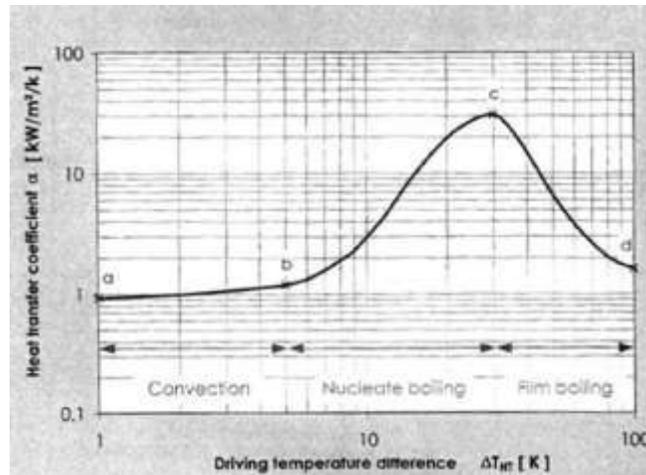
El calor de la condensación se transfiere a través de la pared a la película de agua en el exterior del tubo y conduce a una evaporación parcial del agua que fluye hacia abajo.

El calor latente de condensación se conduce a través de la pared del tubo hacia la película líquida en la superficie externa del tubo, lo que hace que parte del agua de mar se evapore en vapor.

Según el requisito de la evaporación de película delgada, los siguientes factores clave deben ser considerados en el diseño de un proceso MED:

- Diferencia de temperatura
- El espesor de la película de fluido
- La humectación segura del haz de tubos
- La distribución de las boquillas

La figura muestra la dependencia del coeficiente de transferencia de calor para la evaporación de la diferencia de temperatura de accionamiento y la representación esquemática de los procesos asociados.



A-b: el calor se transfiere a través de la capa de fluido y la evaporación tiene lugar en la superficie. El calor se transfiere a la capa líquida, y la superficie de transferencia de calor se genera por evaporación.

B-c: aparecen pequeñas burbujas en la superficie de calentamiento, las turbulencias aumentan el coeficiente de transferencia de calor, aparecen pequeñas burbujas en la superficie de calentamiento y la turbulencia aumenta el coeficiente de transferencia de calor

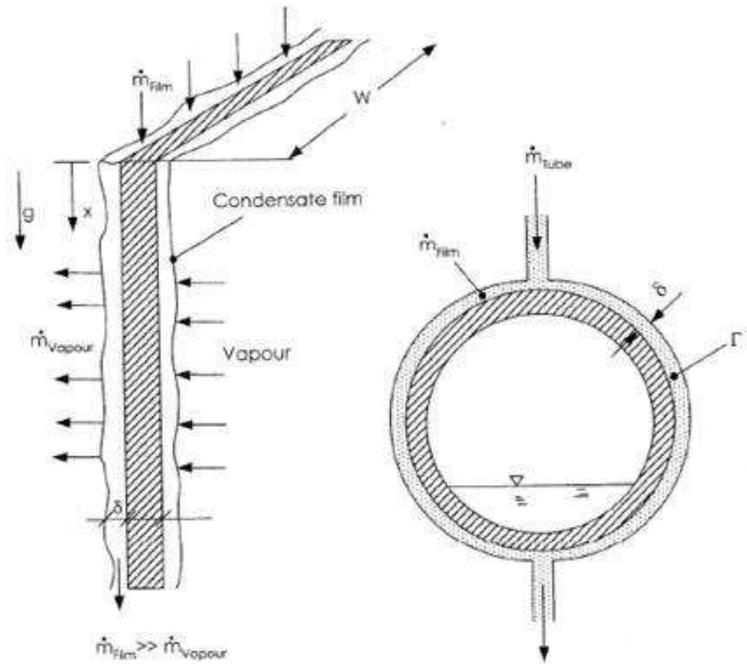
C-d: Las burbujas forman una película coherente que funciona como un aislante entre el fluido y la superficie de calentamiento. La burbuja forma una película de gas continua para formar una capa de aislamiento térmico entre el líquido y la superficie de calentamiento.

Teniendo en cuenta la sobresaturación de las burbujas y la cristalización de las sales, debe evitarse la región de ebullición nucleada en la desalinización de agua de mar.

Para reducir la posibilidad de escamas de sulfato de calcio en la superficie de calentamiento, la diferencia de temperatura de impulsión ΔT no debe exceder 5°C , la temperatura de evaporación superior debe ser inferior a 72°C .

La evaporación tiene lugar por conducción a partir de una película fluida. Para determinar el coeficiente de transferencia de calor, es suficiente conocer el espesor de la película.

La película de agua de mar debe haber terminado lo suficiente como para siquiera mojar la superficie y fluir de manera estable sobre los tubos.



Masa de película líquida:

$$\dot{m}_{\text{Film}} = \frac{\rho_{\text{Film}}^2 \cdot g \cdot w}{3 \cdot \eta_{\text{Film}}} \cdot \delta^3$$

Tasa de humectación:

$$\Gamma = \frac{\dot{m}_{\text{Tube}}}{2 \cdot L}$$

Espesor de película líquida:

$$\delta = \left(\frac{3 \cdot \eta_{\text{Film}} \cdot \Gamma}{\rho_{\text{Film}}^2 \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Coefficiente de transferencia de calor:

$$\alpha_{\text{Evap}} = \frac{\lambda_{\text{Film}}}{\delta} = \left(\frac{\lambda_{\text{Film}}^3 \cdot \rho_{\text{Film}}^2 \cdot g}{3 \cdot \eta_{\text{Film}} \cdot \Gamma} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Se modifica el número de tubos en dirección vertical u horizontal (caso A - caso B), también cambia la tasa de humectación y el estado de la película en los tubos.

El número de Reynolds resultante es una función del número de Kapitza para la geometría modificada (caso B).



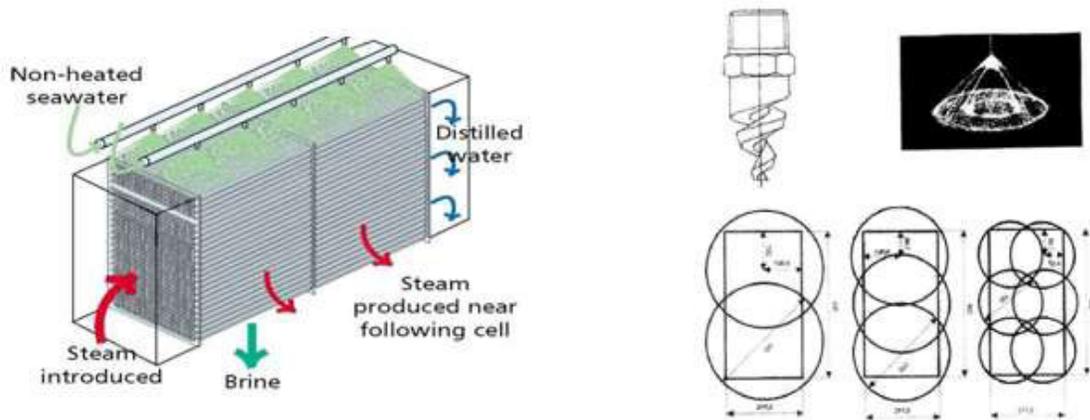
El hecho de que los evaporadores de una planta de desalinización de agua de mar de efecto múltiple puedan diseñarse usando estas pautas se comprueba mediante el resultado de un control para una planta de 9 efectos en funcionamiento.

La película tiene un grosor aproximado de 0.2 mm, los coeficientes de transferencia de calor están en un rango de 3200W / m².k a 2500W / m².k dependiendo del número de escenario y las condiciones imperantes en la etapa individual.

Parameter	Unit	Stage number N								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Ka_{F,i}$	[10^9]	0.0019	0.0022	0.0027	0.0033	0.0040	0.0050	0.0063	0.0080	0.0102
$Ka_{B,i}$	[10^9]	0.0022	0.0027	0.0032	0.0039	0.0048	0.0059	0.0074	0.0094	0.0120
$Re_{B,i,min}$	[-]	85.7	82.4	79.2	75.9	72.7	69.4	66.1	62.8	59.6
$\Gamma_{B,L,min}$	[kg/ms]	0.0434	0.0440	0.0446	0.0453	0.0459	0.0465	0.0472	0.0479	0.0486
$\Gamma_{F,i}$	[kg/ms]	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545	0.0545
$\Gamma_{B,i}$	[kg/ms]	0.0378	0.0378	0.0379	0.0379	0.0380	0.0381	0.0381	0.0382	0.0382
$\delta_{F,i}$	[mm]	0.1989	0.2022	0.2056	0.2093	0.2131	0.2173	0.2217	0.2264	0.2314
$\delta_{B,i}$	[mm]	0.1773	0.1802	0.1834	0.1867	0.1903	0.1940	0.1980	0.2023	0.2069
$\alpha_{F,i}$	[W/m ² K]	2.933	2.895	2.854	2.809	2.760	2.708	2.652	2.593	2.531
$\alpha_{B,i}$	[W/m ² K]	3.237	3.196	3.150	3.100	3.046	2.988	2.927	2.861	2.792

Si se calcula el volumen de alimentación que es necesario para mojar de forma segura el haz de tubos, se puede iniciar el diseño del equipo de rociado. El flujo de suministro de agua debe calcularse antes de que el dispositivo de ducha pueda comenzar el diseño.

Las boquillas de la forma se muestran como efectivas para la distribución paralela que se selecciona para las etapas del evaporador dispuestas una al lado de la otra. Como se muestra en la figura, la disposición paralela de las boquillas demuestra ser efectiva.



Para el diseño de la planta MED, es necesario un procedimiento iterativo aquí:

Paso 1: Asunción de un coeficiente de transferencia de calor total k para la etapa que se considera

Paso 2: Cálculo del área A del intercambiador de calor a partir de los datos termodinámicos de la planta Cálculo del área de transferencia de calor en función de los datos termodinámicos

$$A_i = \frac{\dot{Q}_i}{k_i \cdot \Delta T_{HT,i}}$$

Paso 3: Cálculo del número de Kapitz y lectura de un número de Reynolds para la humectación segura Cálculo del número de Kapitz y el número de Reynolds, comprobación del área húmeda

Paso 4: Determinación del coeficiente de transferencia de calor de ecuaciones relevantes en las literaturas.

Paso 5: Determinación del coeficiente de transferencia de calor k suponiendo un material de tubo, el diámetro del tubo y el grosor de la pared

Paso 6: compruebe si el coeficiente de transferencia de calor calculado coincide con el supuesto en el paso 1, si continúa "sí", si "no" repite los pasos 2 a 5

Paso 7: Ajuste el tamaño del haz de tubos de transferencia de calor (longitud del tubo de transferencia de calor en direcciones horizontal y vertical) Cantidad)

Paso 8: Cálculo del flujo másico de alimentación para la humectación de los tubos.

Desarrollo de productos de MEP

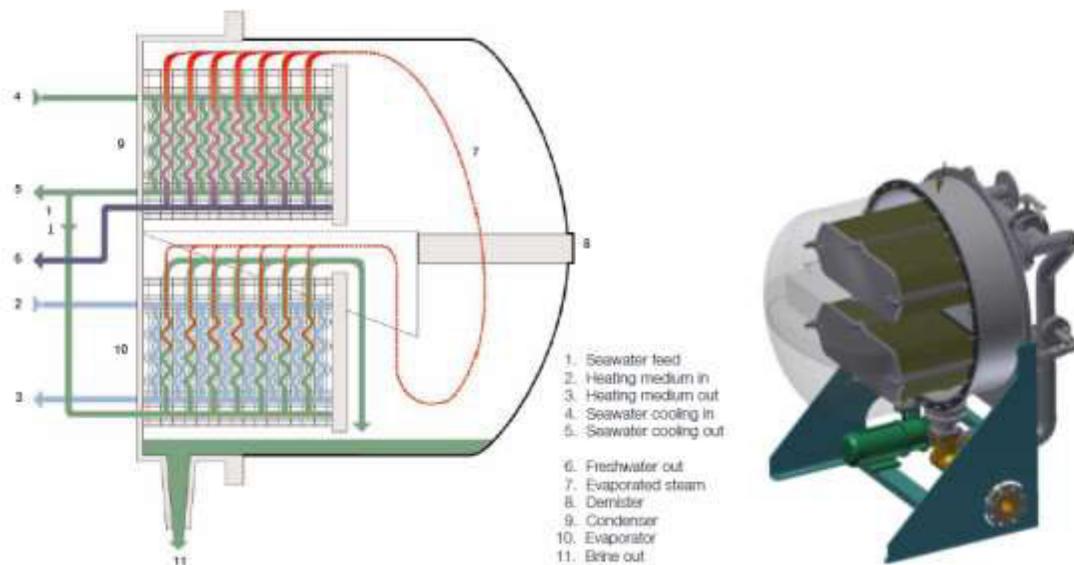
En base al proceso MED, la destilación multi-efecto de placas utiliza placas de transferencia de calor en lugar de tubos, donde se lleva a cabo la evaporación de agua de mar y condensación de vapor.

Características MEP

- Producción en masa e instalación rápida gracias a los componentes estándar que incluyen placas de transferencia de calor, juntas y dispositivos de soporte de placas para producción en masa e instalación rápida gracias a componentes estandarizados
- Calidad de proyecto uniforme y alta confiabilidad operativa
- Características de MEP
- La configuración del tipo de placa ofrece más beneficios para la evaporación de película delgada:
- La película delgada es continua a medida que pasa sobre toda la superficie de transferencia de calor. Por el contrario, con evaporador tubular, la película delgada debe restablecerse cada vez.
- El sistema de distribución incorporado en la placa de transferencia de calor proporciona un mayor control de la distribución de fluidos, mientras que el agua de mar cae de una fila de tubos más alta a un tubo inferior de una manera descontrolada.
- No hay espacio entre los dispositivos de pulverización y los tubos. Contribuye a una estructura más compacta del evaporador.
- La evaporación de la película descendente de tipo placa aumenta el coeficiente de transferencia de calor y aumenta la turbulencia de la capa límite.
- La turbulencia que se crea en la capa límite en la superficie de la placa causa un alto esfuerzo cortante de la pared que minimiza la suciedad y mantiene la superficie limpia.

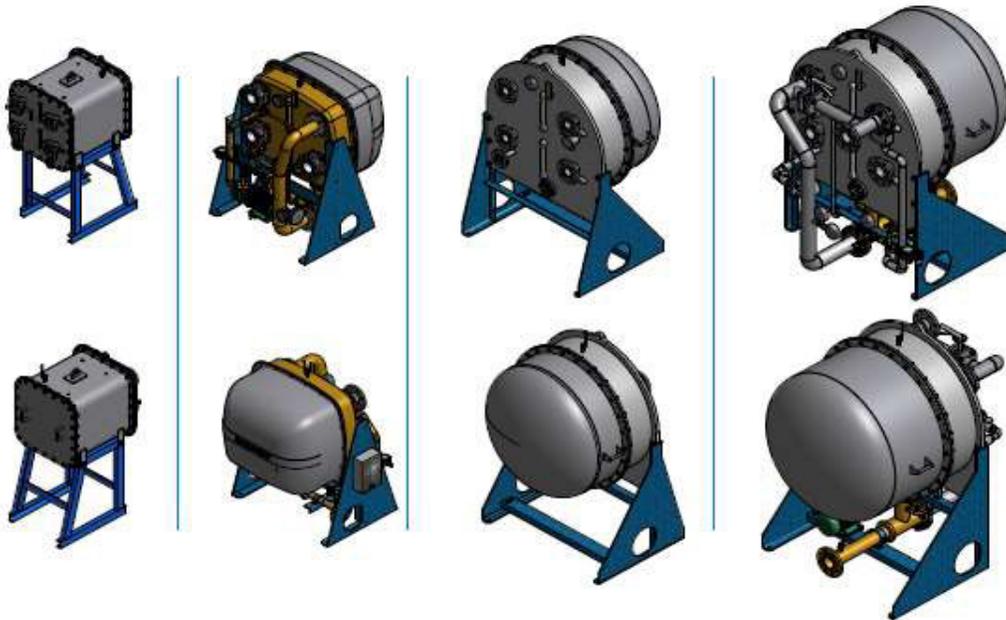
- La turbulencia ocurre en la capa límite para promover altas fuerzas de corte de la pared
- Minimice la probabilidad de suciedad y mantenga la pared limpia.
- El área de transferencia de calor se puede ajustar con la adición y extracción de placas, lo que permite una mayor flexibilidad para la expansión futura de la capacidad de instalación, incluso después de la puesta en marcha de la planta.
- En caso de cambio de la calidad del agua de alimentación o operación y mantenimiento deficientes, la configuración del paquete de placas puede separar las placas y eliminar manualmente la incrustación.
- Recuperación del 100% del rendimiento de transferencia de calor a través del tiempo.
- La lámina está hecha de titanio de alta calidad, que tiene una excelente resistencia a la corrosión y una gran competitividad en el mercado.
- Menor costo de la operación en su ciclo de vida útil prolongado (> 30 años)

Diseño del producto



- La evaporación de la película ascendente de agua de mar en la superficie de la placa de transferencia de calor
- Estructura integrada con evaporador, condensador, alimentación de agua de mar y descarga de salmuera

- Fácil de fabricar e instalar
- Estructura compacta y huella pequeña
- Material anticorrosivo y larga duración (> 30 años)
- Localización completa para todos los dispositivos
- Agua de refrigeración: 70 ° C ~ 90 ° C
- Producción de agua: 20m³ / d
- Agua dulce de alta calidad (TDS <5PPM)
- Alta fiabilidad y larga durabilidad
- Operación desatendida



SDMU ha desarrollado una serie de productos de destilador de placas, su capacidad de producción de agua abarca desde 5m³ / d hasta 20m³ / d.

Conclusiones /Recomendaciones

- La tecnología más factible para Costa Rica, en términos de inversión, implementación preliminar y factible a nivel de mercado; corresponde a la tecnología de ósmosis inversa. Dado que tecnologías térmicas, involucrarían un desafío mayor, del cual no tiene ninguna experiencia.
- Existe una crisis hídrica real en nuestros acuíferos costeros debido al riesgo latente de problemas de intrusión salina. A raíz de esto, AyA debe optar a futuro en ejecutar la inversión de proyectos de desalinización, lo cual podría permitirle abastecer con un mejor rendimiento a la población respecto a otras tecnologías.
- Las tecnologías de desalinización cuentan con respaldo internacional, existe una oferta de productos muy amplia, principalmente en sistema de osmosis inversa, MF o membrana.
- Las tecnologías de membrana, permiten simplificar procesos que actualmente se llevan a cabo en plantas de tratamiento convencionales, principalmente en condiciones donde exista una limitación de espacio, contaminantes severos o bien, se requiera un mejor rendimiento de la planta. Estas tecnologías son aplicables al tratamiento de aguas residuales, salobres o agua dulce. Los sistemas de membrana buscan simplificar los procesos de pretratamiento convencionales.
- Considerando que Costa Rica mantiene buenas relaciones con el Gobierno Chino, la promoción e implementación de proyectos de desalinización puede ser ejecutada bajo la colaboración del Instituto de Desalinización de Tianjin, por medio de TEDA Group China y la Oficina del Agregado Comercial de China en Costa Rica.
- Existe una necesidad importante en nuestro país en cuanto a normativa y regulación de plantas desalinizadoras. La normativa existente debe ser ampliada, dado que el mercado de estas tecnologías avanza a pasos agigantados en busca de optimizar los procesos de potabilización.
- El diseño de los componentes de una planta desalinizadora es un tema complejo que requiere de experiencia previa en la materia. Sin embargo, para cualquier diseño, elaboración de términos de referencia y normativa, es primordial acudir a Institutos de Desalinización, los cuales ha realizado investigación amplia en sus laboratorios, además. considerar el criterio de los fabricantes de estas tecnologías.

Anexos

Se Incluye CD con Software y Documentación relacionada al Seminario de Desalinización.