



ALADYR
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE
DESALACIÓN Y REÚSO DE AGUA

DESALACIÓN DE AGUA DE MAR: SITUACIÓN EN CHILE Y EN EL MUNDO

Presentación Comisión Especial Sobre Recursos
Hídricos del Senado de Chile,
Valparaíso, 15 de Octubre de 2019

CONTENIDO

ALADYR: Desalación y Reúso

Conceptos básicos de Desalación y Osmosis Inversa

Situación en Chile

Escala de desalación: tamaños, plazos, consumo energía

Temas ambientales

Desalación y su aporte a Sequía

Principales desafíos



ALADYR: Asociación Latinoamericana de Desalación y Reúso

Fundada en 2010, en Antofagasta, es una asociación gremial de máxima autoridad en América Latina en materia de desalación, reúso y/o tratamiento de agua y efluentes.

Más de 500 socios persona natural y más de 70 empresas relacionadas al tema.

Respaldamos a nuestros miembros, frente a organismos públicos y privados, que están

vinculados a los objetivos de la asociación y somos garante de la difusión y generación del conocimiento oportuno, sobre desalación, reúso y tratamiento de agua y efluentes, gracias a la disposición de espacios de encuentro e intercambio de información.

Fomentamos el desarrollo de alianzas para el sector y el apoyo de proyectos sociales y académicos, orientados a garantizar

AGUA PARA LATINOAMÉRICA

ALADYR forma parte de la IDA, que es la Asociación Mundial de Desalación y Reúso.



ALADYR: MISIÓN Y VISIÓN

Fomentar el desarrollo de conocimientos, tecnologías y alianzas estratégicas, entre los actores del sector agua, bajo estándares de sustentabilidad y porvenir social.

Ser el ente de referencia en desalación, reúso y tratamiento de agua y efluentes para Latinoamérica, mediante la integración de los líderes de la industria, academia y organizaciones relacionadas, en espacios que procuren la apropiación de conocimientos y el desarrollo de oportunidades y proyectos, que garanticen el acceso al agua y bienestar social.

ALADYR: OBJETIVOS

Promover, proteger y desarrollar tecnologías y proyectos destinados a la desalación y tratamiento de agua y efluentes para su uso o reúso en el sector industrial, urbano y agropecuario, así como para el consumo humano; bajo estándares de sustentabilidad y respeto ambiental.

Ser un punto de confluencia entre profesionales y representantes de las industrias en aras de difundir conocimientos, tecnologías y avances de beneficio para el sector.

ALADYR: OBJETIVOS

Representar a las principales empresas, industrias y organizaciones de Latinoamérica, como un eje de referencia para el desarrollo del sector.

Apoyar la formación de ciudadanos y profesionales conscientes sobre el uso del agua mediante la integración de las escuelas, academias y universidades al accionar de ALADYR.

Propiciar iniciativas para el desarrollo de proyectos sociales en torno a las diversas necesidades de abastecimiento, uso y consumo de agua.

VIDEO INTRODUCTORIO: IDA
(International Desalination Association)



AGUA FACTS

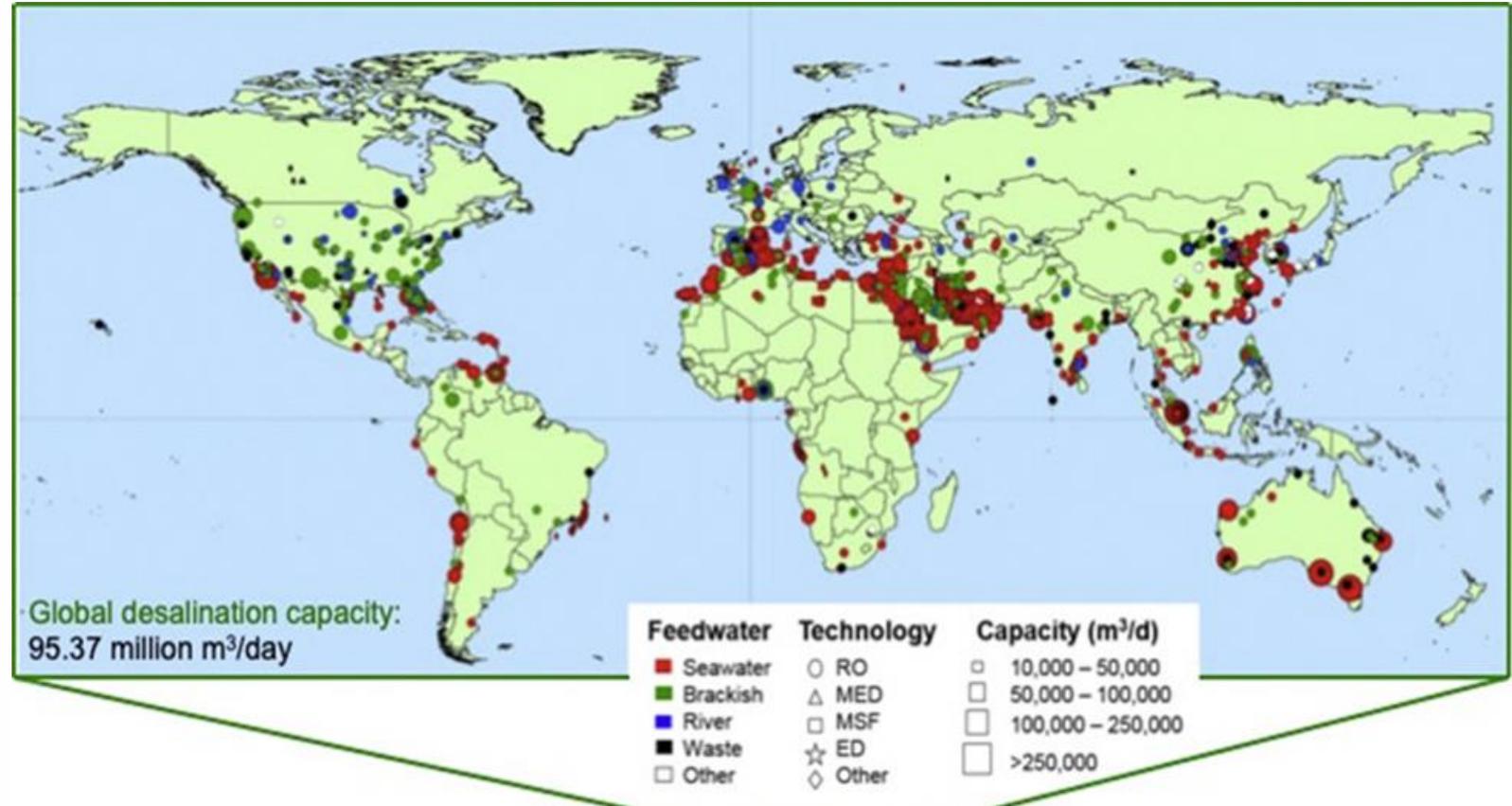
97,5%	AGUA DE MAR
2,5%	AGUA DULCE
69%	AGUA DULCE CONGELADA
31%	AGUA DULCE DISPONBLE
0,78%	AGUA DULCE DISPONIBLE EN RELACION AL TOTAL DE AGUA DEL PLANETA

¿Qué significa esto en términos prácticos si el agua del planeta estuviera en una piscina?

LITROS	30.000	PISCINA ESTANDAR DOMESTICA (TODA EL AGUA DEL PLANETA)
LITROS	29.250	LO QUE SERIA AGUA DE MAR
LITROS	750	LO QUE SERÍA AGUA DULCE
LITROS	233	LO QUE SERÍA EL AGUA DULCE QUE ESTA DISPONIBLE PARA USARSE

CONCEPTOS BÁSICOS: DESARROLLO EN EL MUNDO

Existen cerca de 20.000 plantas desaladoras en el mundo, las que pueden tratar agua de mar (9.000) o agua salobre (11.000).



AGUA FACTS

- Si consideramos que las 9.000 plantas desaladoras que habrían actualmente:

m ³	1.370.000.000.000.000.000	AGUA DE MAR
m ³	34.250.000.000.000.000	AGUA DULCE
m ³	10.617.500.000.000.000	AGUA DULCE DISPONIBLE
Hab	7.500.000.000	HABITANTES
m ³	1.415.667	AGUA DULCE POR HABITANTE
m ³ / día	127.160.000	CAPACIDAD DE DESALINIZACIÓN INSTALADA
Litros	17,0	AGUA DESALINIZADA POR HABITANTE
	0,000001%	% de AGUA DESALINIZADA vs NO DESALINIZADA

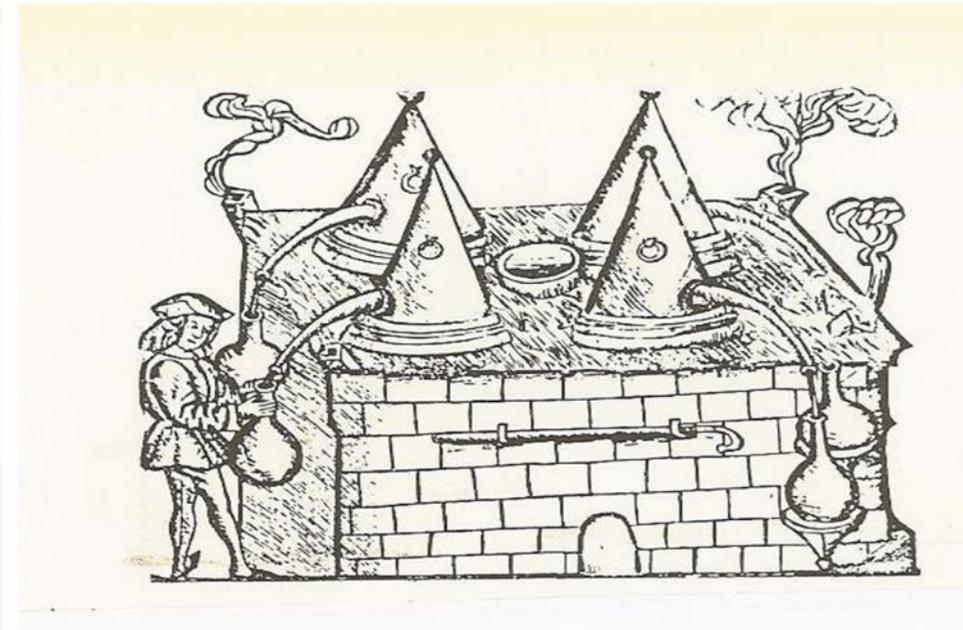
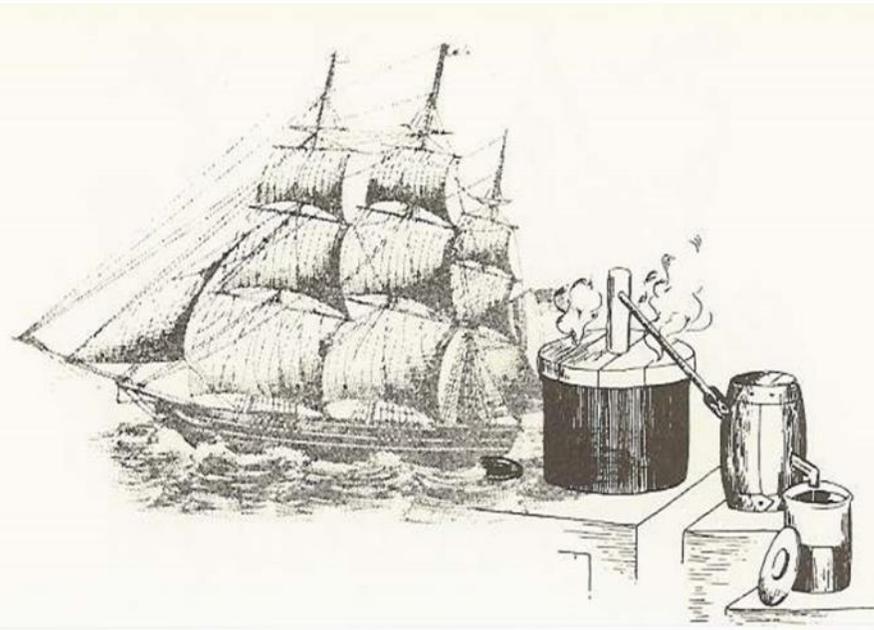
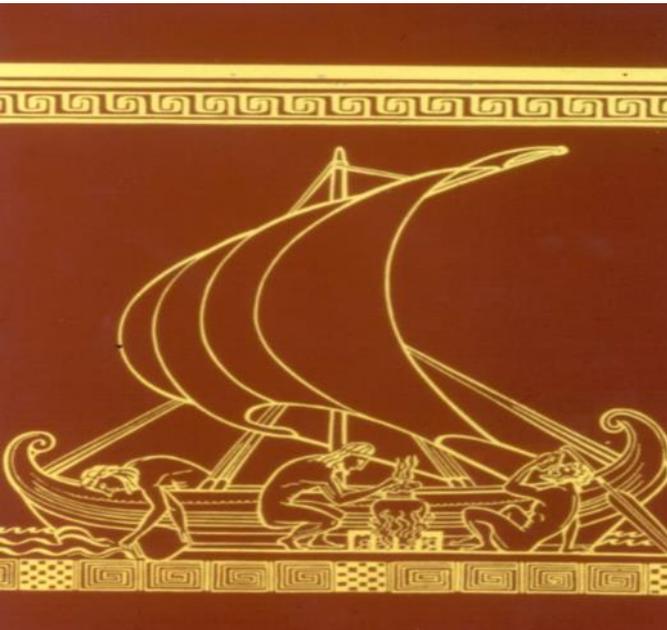
Para tener una idea de lo que se está desalinizando en el mundo.



DESALACIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS

- Existe desde tiempos muy antiguos.
- Consiste en remover sales disueltas del agua.

Fuente: Presentación Emilio Gabrielli, Past President IDA



DESALACIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS

Las dos tecnologías que se usan actualmente, son la Térmica y la de Membranas.

Las Térmicas consumen mucha energía y se aplican sólo si la energía es muy económica y/o hay calor residual.

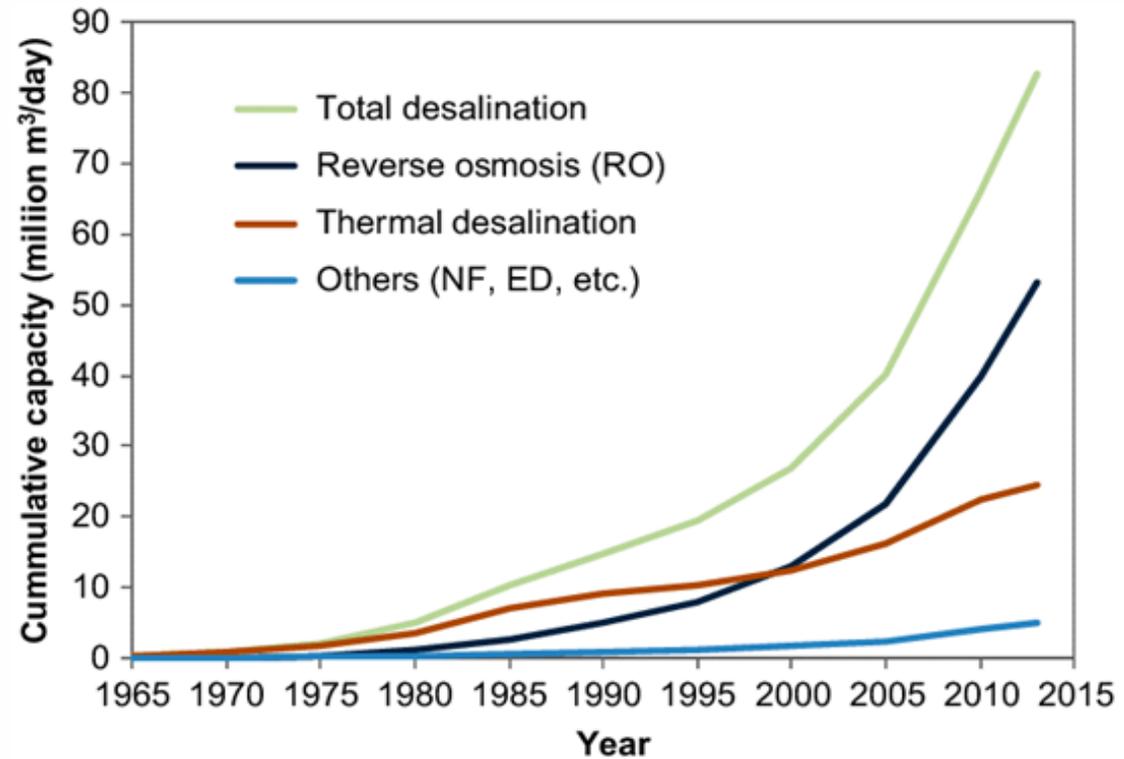
Por lo anterior, la tecnología de membrana u Ósmosis Inversa es la que lidera y lleva el crecimiento de la desalación.



DESALACIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS

El consumo de energía de una planta térmica ronda los 10 kWh/m³, en cambio la ósmosis inversa se mueve entre 3 y 4 kWh/m³.

Fuente: IDA



OSMOSIS INVERSA

La osmosis inversa se usa para desalinizar o desalar, independientemente del tipo de agua (contenido de TDS):

Potable: <1500 ppm

Salobre: >1500 y < 30000

Mar: >30.000 ppm

Además:

- A mayor salinidad, mayor presión
- A menor temperatura, mayor presión
- A mayor salinidad, menor recuperación

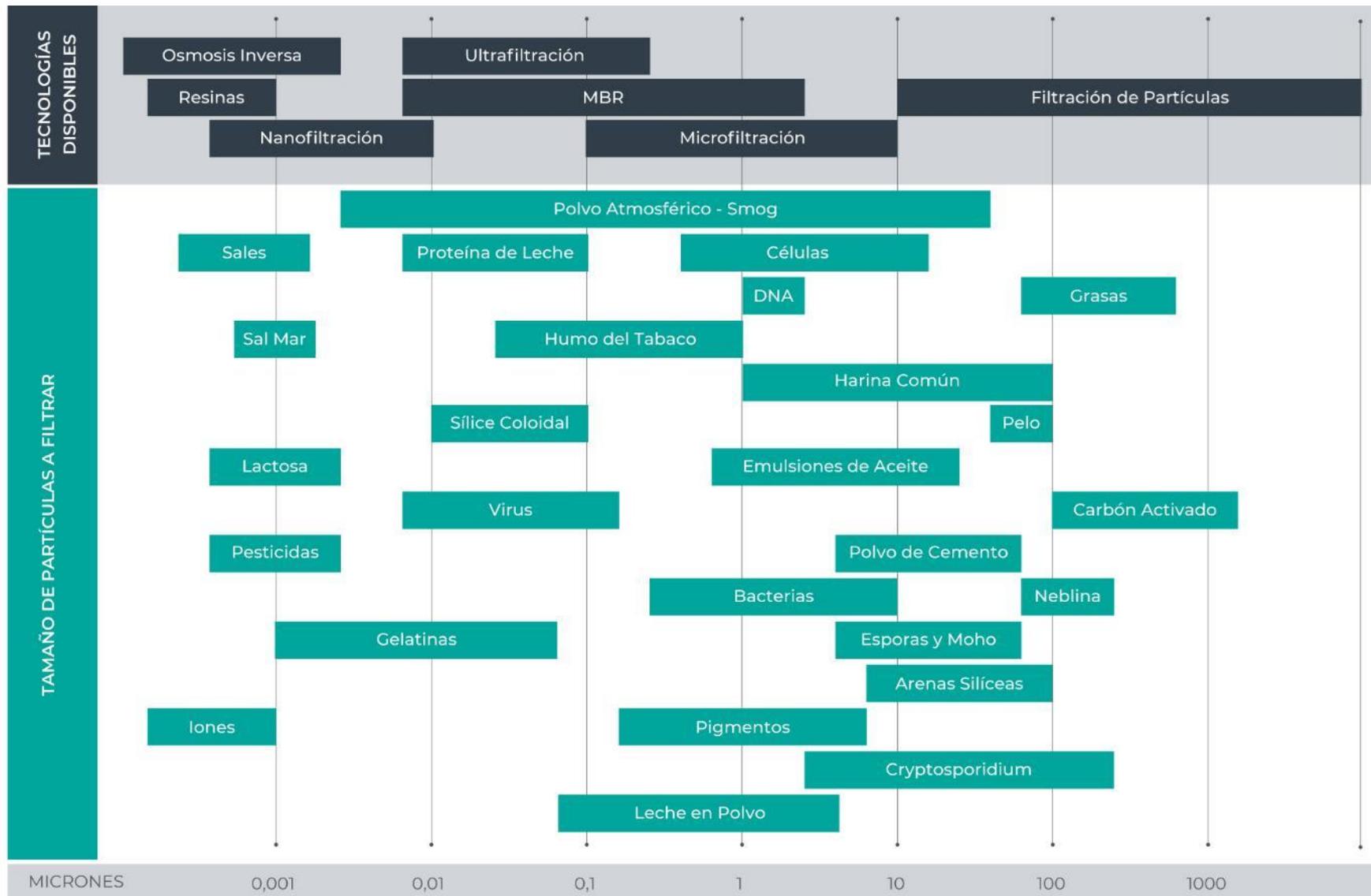
Porcentajes de recuperación
(Producto/Alimentación)

- Agua de Mar: 40-50%
- Agua Salobre: 50-80%

Las limitantes para una mayor recuperación son químicas, por precipitación de sales en el concentrado



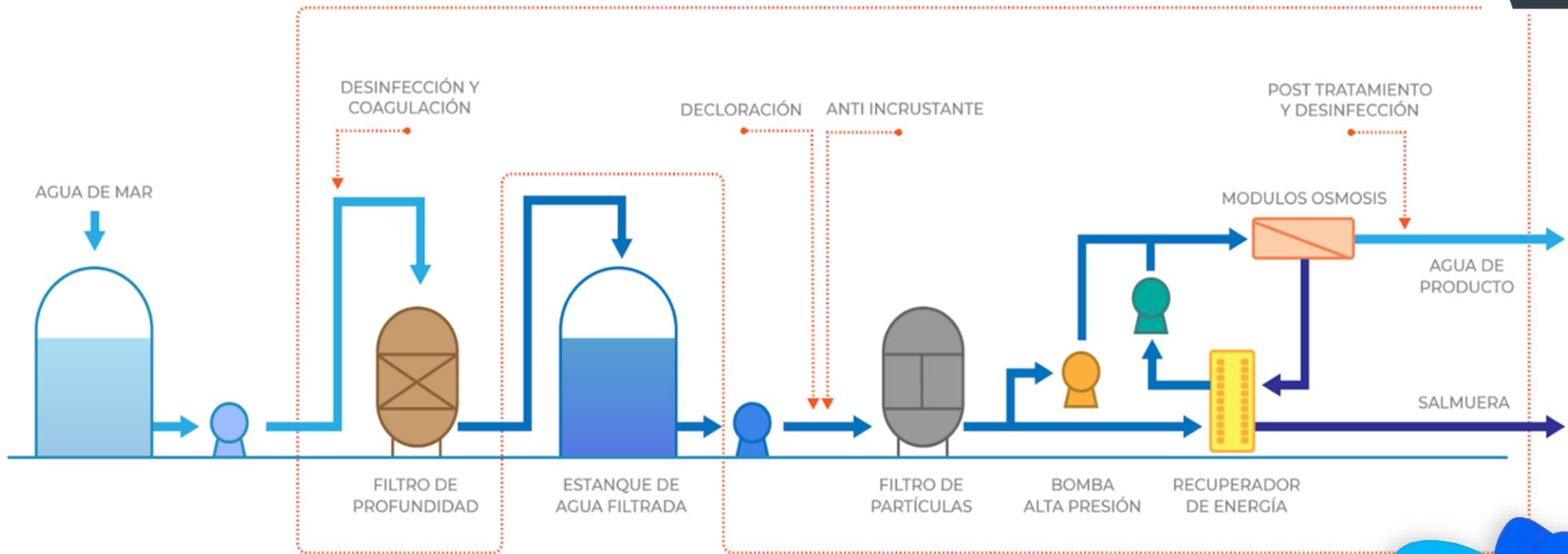
TECNOLOGÍAS DE FILTRACIÓN Y PURIFICACIÓN



1000 nanómetro = 1 micrón = 0,001 mm = 0,0001 cm / Límite inferior de visibilidad del ojo humano = 40 micrones

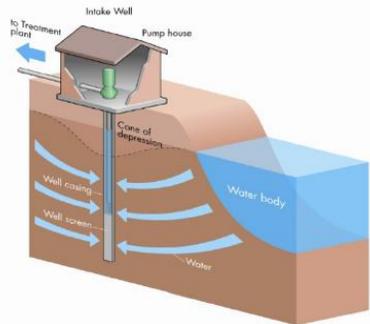


DISEÑO TÍPICO DE OSMOSIS INVERSA

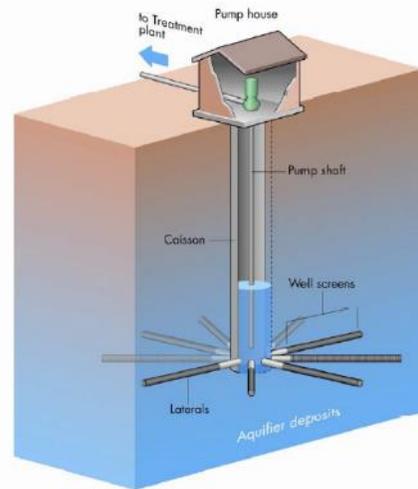


ADUCCIÓN Y DEVOLUCIÓN DE AGUA DE MAR

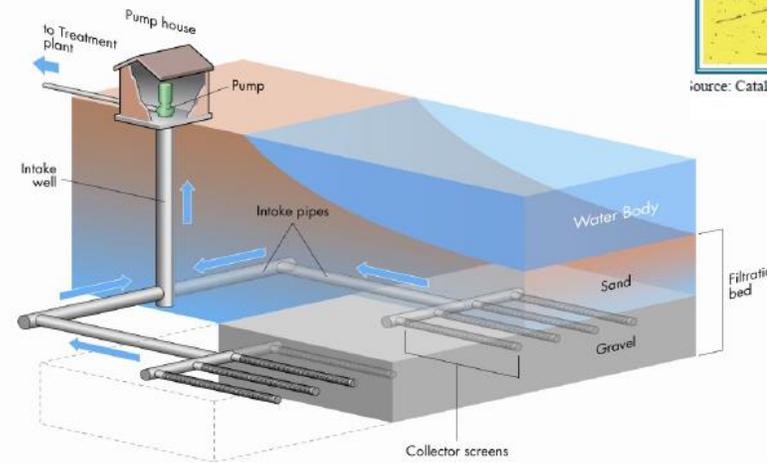
Aumento de Caudal



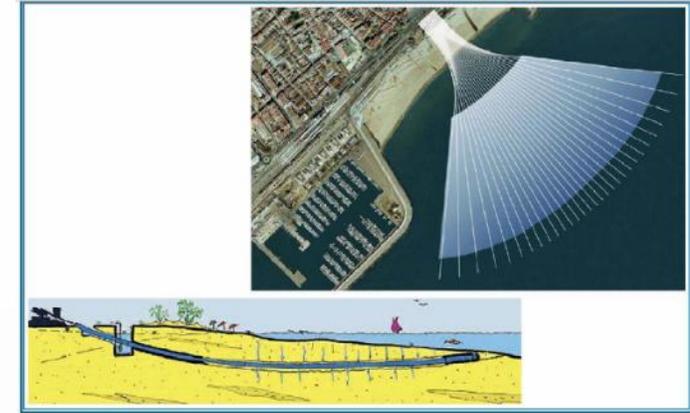
Source: Water Globe Consulting
Figure 1 – Vertical Beach Well



Source: Water Globe Consulting
Figure 2 - Horizontal (Radial) Intake Well



Source: Water Globe Consulting
Figure 5 – Infiltration (Seabed) Gallery



Source: Catalana de Perforacions
Figure 3 – HDD Intake



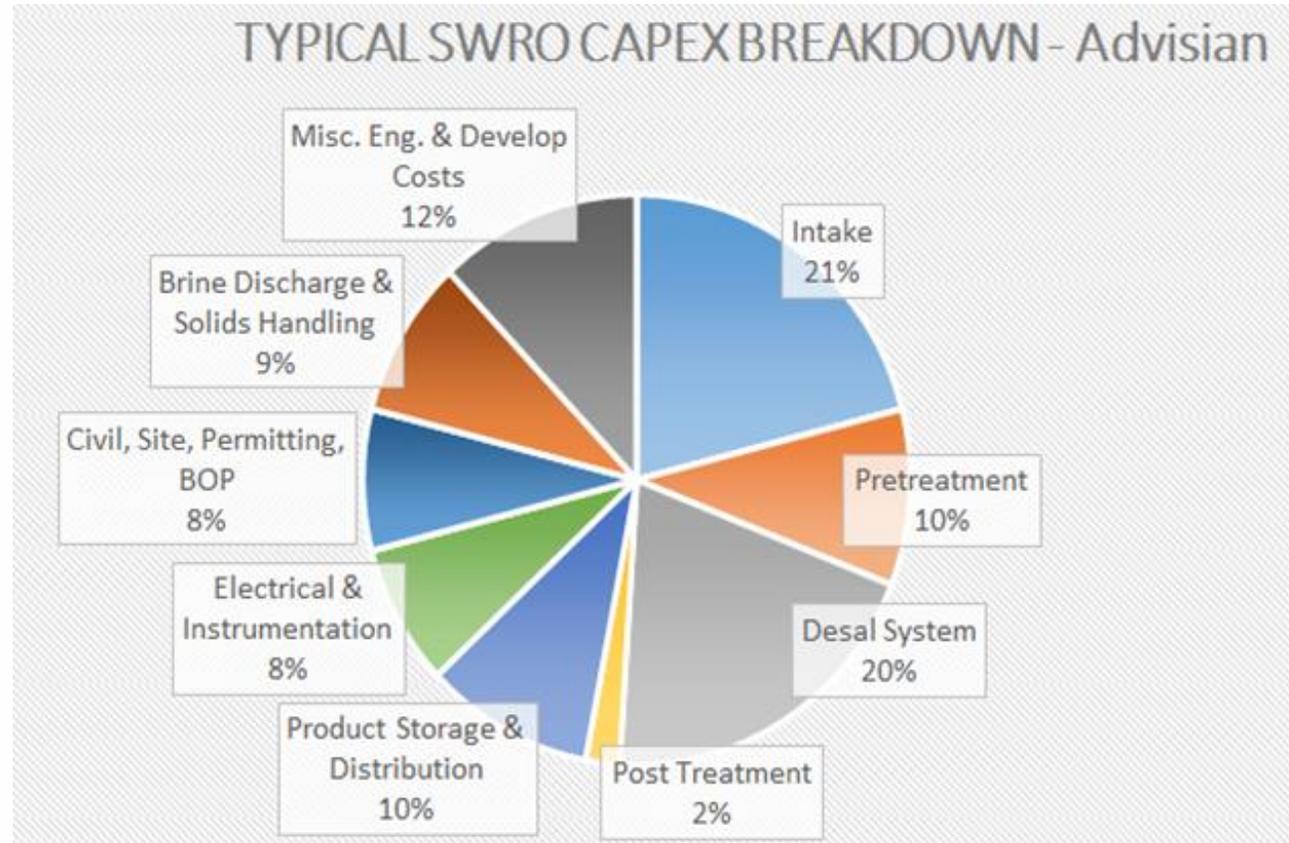
VIDEO ECONSSA (ATACAMA) 500 LPS



CONCEPTOS BÁSICOS: INVERSIÓN PARA DESALAR

Para grandes plantas de desalación por ósmosis inversa, el equipamiento es un ítem relevante, como también lo son las OO.CC., OO.MM., los Gastos de desarrollo y tramitación del proyecto.

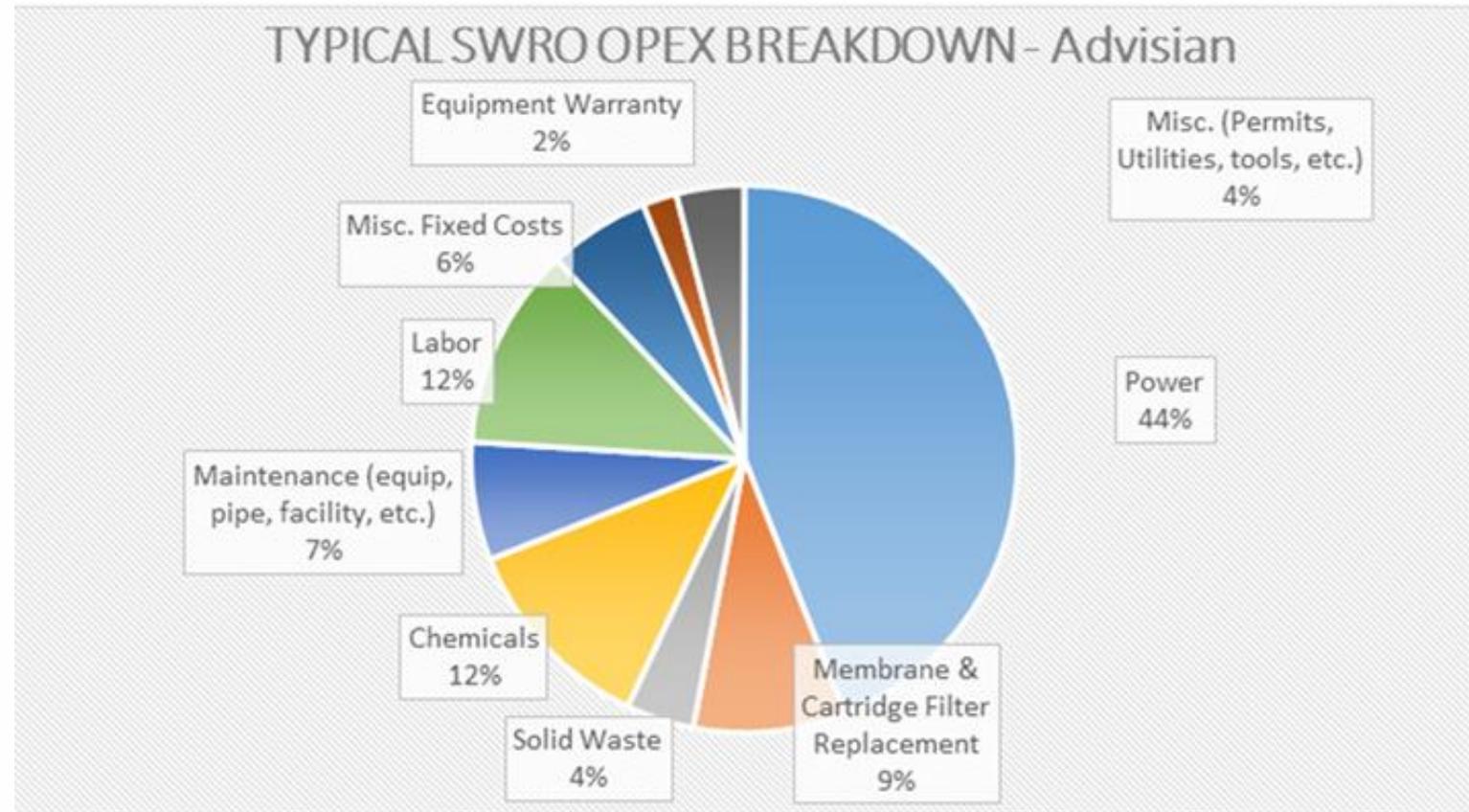
Fuente: ADVISIAN



CONCEPTOS BÁSICOS: COSTOS DE DESALAR

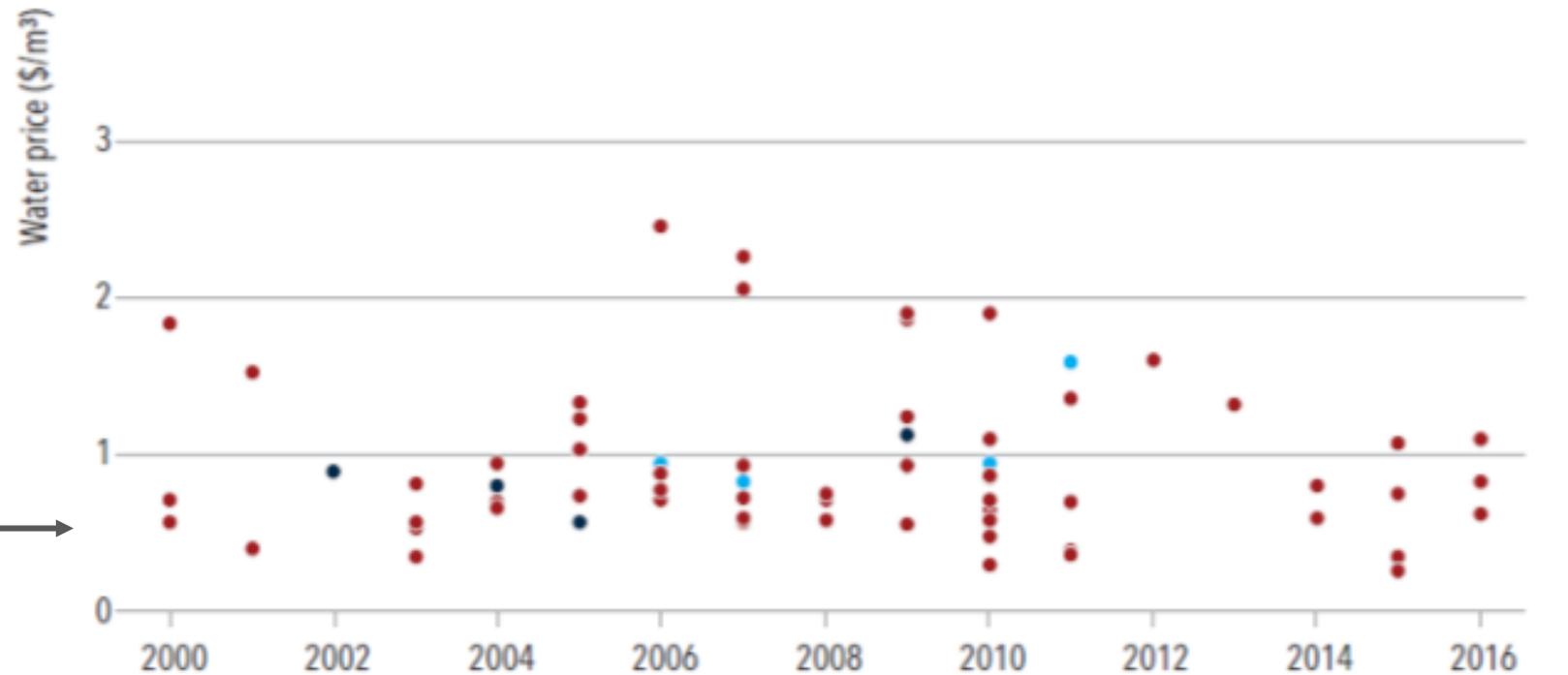
Aunque cada vez menores, gracias a los sistemas de recuperación de energía y membranas que operan a cada vez menores presiones, la energía sigue siendo el insumo de operación de mayor incidencia en el costo.

Fuente: ADVISIAN



CONCEPTOS BÁSICOS: PRECIOS DE AGUA DESALADA

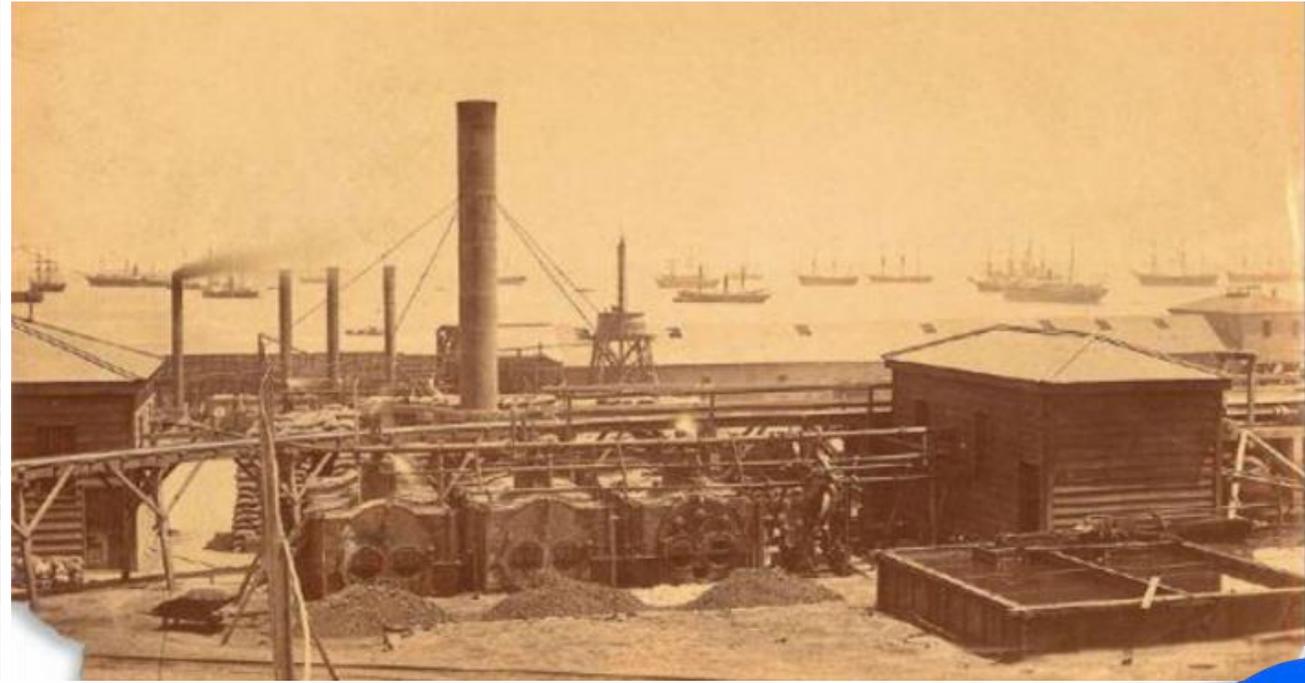
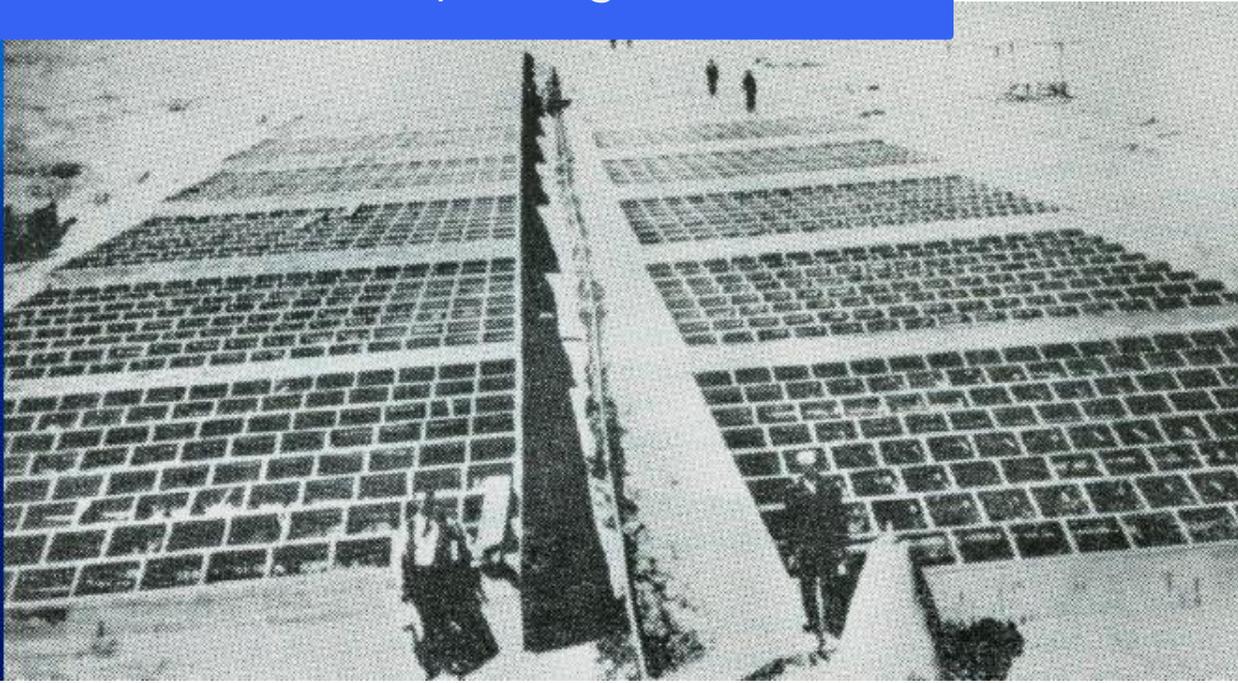
Precios de venta de agua desalada en contratos de gran volumen, se acercan cada vez más a niveles cercanos a USD 0,5 / m³.



Source: GWI DesalData

SITUACIÓN DE LA DESALACIÓN EN CHILE

Chile es un país pionero en desalación:
Las Salinas 1872, Antofagasta 1917



SITUACIÓN DE LA DESALACIÓN EN CHILE

En Chile, existen decenas de plantas desaladoras.

Las más grandes en Minería: Escondida (2500 lps), Mantoverde, Candelaria, CAP, Michilla, Centinela, y otras más. Actualmente se construyen Spence y Quebrada Blanca

Están en construcción la de ECONSSA de 500 lps, que abastecerá parte de Caldera, Chañaral y Copiapó y está la de Tocopilla, que con 100 lps abastecerá el 100% de la población, empezando en 2020.

Hay plantas grandes para uso de agua potable, como la de La Chimba en Antofagasta (2003), que abastece al 85% de la población, con una capacidad de 850 lps

Existen además más de una docena de plantas en centrales termoeléctricas, que producen el agua ultrapura para las calderas generadoras de vapor.

SITUACIÓN DE LA DESALACIÓN EN CHILE

También hay decenas de plantas más pequeñas, que pueden ser de 1000 a 100.000 litros por día, de agua para consumo humano, para poblaciones en zonas rurales.

Por otra parte, hay instaladas en Chile, cientos (o miles) de plantas de ósmosis inversa, que desalinizan agua de distintas fuentes, para diferentes fines, como: agua embotellada, agua para generación de vapor, sistemas de enfriamiento, potabilización, producción de remedios, diálisis, aguas para análisis, etc.

DESALADORAS GRANDES DE CHILE (MINERÍA)



- Antucoya
- Candelaria
- Candelaria 2030
- Centinela (Esperanza + El Tesoro)
- Desarrollo Mantoverde
- Diego de Almagro
- Dominga (La Higuera)
- Encuentro
- Escondida - Planta Coloso
- Escondida EWS
- Las Cenizas Taltal
- Los Pelambres Ampliación Marginal I y II
- Mantos de Luna
- Mantoverde
- Michilla
- Nueva Unión
- Pampa Camarones
- Planta J. Moreno (Taltal)
- Planta desaladora Distrito Norte
- Quebrada Blanca Hipógeno
- Otros/Sin datos

Nuevos proyectos mineros sólo podrán ser llevados a cabo usando agua de mar, con o sin desalinizar

Fuente: Diario Financiero, 5/10/2019



DESALADORAS GRANDES DE CHILE (SANITARIAS)



ANTOFAGASTA (850 LPS) - 2003



TOCOPILLA 100 LPS - 2020



**ECONSSA 500 LPS - 2020
(ATACAMA)**

VIDEO TOCOPILLA 100 LPS



DESALADORAS Y ESCALA

Se pueden implementar proyectos de cualquier tamaño, desde Mega plantas como estas:



Carlsbad, California 2.300 LPS



Sorek, Israel 7.400 LPS



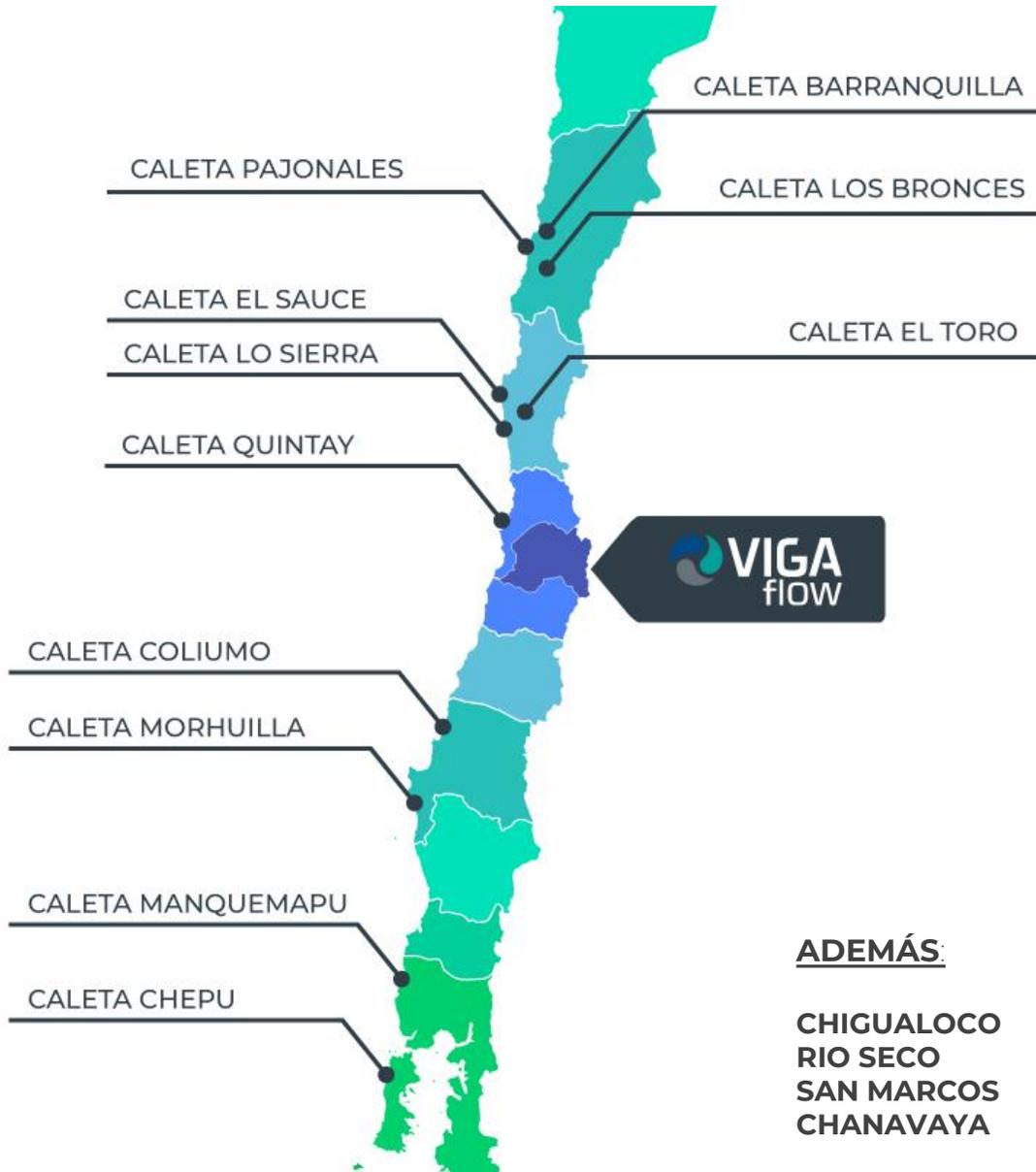
Escondida, Chile 2.500 LPS

DESALADORAS Y ESCALA

Hasta plantas como estas, que se han implementado en caletas de pescadores para poblaciones de 100 a 200 personas.

Eliminando la necesidad de camiones aljibes, que traían agua de dudosa calidad, a un costo altísimo, con una frecuencia que podía ser cada 15 días. Hoy al menos 12 caletas, tienen agua de calidad, de suministro permanente y a un costo muy conveniente





Caletas con plantas desaladoras solares, desde Atacama a Chiloé

ADEMÁS:
CHIGUALOCO
RIO SECO
SAN MARCOS
CHANAVAYA





**Planta Desaladora de Agua de Mar de 11.000 Litros/Día,
alimentada con Energía Solar, Región de Coquimbo**



**Plantas Desaladoras de Agua de Mar de 6.000 Litros/Día,
alimentadas con Energía Solar, Región de Los Lagos**

DESALADORAS Y ESCALA



250.000.000 L/D



10.000 L/D

DESALADORAS Y ESCALA

La desalinización se puede hacer a cualquier escala y una pequeña planta no es una obra de infraestructura, sino un equipo o conjunto de equipos, que tiene un menor costo y dificultad de implementación y que NO debería ser tratado como una Gran Obra, por lo tanto:

- Requiere un muy simple sistema de captación y devolución de agua de mar.
- No debería requerir de Permisos Ambientales (SEIA) de la misma complejidad
- Su impacto y área de implementación son muy reducidos, por lo que no debería requerir una Concesión Marítima.



1.000 L/D



10.000 L/D



25.000 L/D



50.000 L/D



100.000 L/D



500.000 L/D



1.500.000 L/D

DESALADORAS Y ESCALA

Podríamos decir, para efectos de análisis, que una planta pequeña es hasta una capacidad de 25 lps = 90 m³/h ó 2.160 m³/día -> 14.400 hab / 360 kW / 200 m²

Entre 25 y 50 lps, diremos que se trata de una situación intermedia, más difícil de catalogar y parametrizar del punto de vista de plazos, permisos, complejidad de las obras.

Una planta desaladora grande es una solución que toma años en implementar 500 lps = 1.800 m³/h ó 43.200 m³/día -> 288.000 hab / 7.200 kW / 14.400 m²

Una planta desaladora pequeña, puede ser una solución o apoyo a la solución de rápida implementación (meses o incluso semanas)

- **ES FUNDAMENTAL HACER UNA DIFERENCIA DE ACUERDO AL TAMAÑO**

Actualmente cualquier planta desaladora, por pequeña que sea, requiere contar con concesión marítima y entrar al SEIA. Esto hace que su trámite cueste mucho dinero y demore años, lo que las hace inviables

DESALADORAS Y ESCALA

TABLA COMPARATIVA, PLANTAS PEQUEÑAS vs. PLANTAS GRANDES

Producción de Agua Tratada (agua desalinizada potable o industrial u otro uso)			# Habitantes que Abastece		Precio exFab Desaladora (sólo equipamiento)	OPEX: Costo Producción x m3 (Con Operador)	Potencia Consumida	Tiempo de Implementación	Dimensiones aprox. Planta desaladora (sin auxiliares)
			50 l/d pp (emergencia)	150 l/d pp (estándar)					
(m3/día)	(m3/hora)	(l/s)	(# hab)	(# hab)	(USD)	(USD)	(kWh)	(Meses)	(m2)
10	0,4	0,1	200	67	65.000	1,46	1,7	3	25
100	4,2	1,2	2.000	667	200.000	0,99	17	6	50
500	20,8	5,8	10.000	3.333	498.000	0,57	73	6	100
1.000	41,7	11,6	20.000	6.667	596.400	0,55	138	6	150
2.000	83	23	40.000	13.333	871.200	0,54	267	6	200
8.640	360	100	172.800	57.600	9.000.000	0,47	1.080	24	5.000
43.200	1.800	500	864.000	288.000	45.000.000	0,47	5.400	60	14.000
86.400	3.600	1.000	1.728.000	576.000	90.000.000	0,46	10.800	72	20.000



DESALADORAS Y ESCALA

Producción de Agua Tratada (agua desalinizada potable o industrial u otro uso)			# Habitantes que Abastece		Recuperación (Producto / Alimentación)	Cantidad de Agua Devuelta al Mar	Salinidad Devolución (35.000 ppm en el Mar)	Factor de Salinidad Devolución vs. Mar	Diámetro de la Cañería de la Devolución	Diámetro de la Cañería de la Devolución
			50 l/d pp (emergencia)	150 l/d pp (estándar)						
(m3/día)	(m3/hora)	(l/s)	(# hab)	(# hab)	% Recobro	(l/s)	(ppm)	(veces)	(Pulgadas)	(mm)
10	0,4	0,1	200	67	25%	0,3	46.667	1,3	0,6	15
100	4,2	1,2	2.000	667	40%	1,7	58.333	1,7	1,3	33
500	20,8	5,8	10.000	3.333	40%	8,7	58.333	1,7	2,9	75
1.000	41,7	11,6	20.000	6.667	42%	16,0	60.345	1,7	4,0	102
2.000	83	23	40.000	13.333	43%	30,7	61.404	1,8	5,5	141
8.640	360	100	172.800	57.600	45%	122	63.636	1,8	11,1	281
43.200	1.800	500	864.000	288.000	45%	611	63.636	1,8	24,7	628
86.400	3.600	1.000	1.728.000	576.000	45%	1.222	63.636	1,8	35,0	888



¿LA DESALACIÓN CONSUME MUCHA ENERGÍA ?

Una planta desaladora promedio consume 4 kWh/m³.
Si lo llevamos a cosas que conocemos, la producción de agua desalinizada sería más o menos así:

Consumo SWRO	4	kWh/m ³			l x día x per:	150
	kWh	HP	m ³ /h	m ³ /d	litros/día	personas
AMPOLLETA 100 W	0,1	0,1	0,03	0,60	600	4
MICROONDAS	2,0	2,7	0,50	12,00	12.000	80
MOTOR BOTE	37	50	9,32	224	223.710	1.491
CAMION ALJIBE	186	250	46,61	1.119	1.118.552	7.457

Visto de esta manera, no parece una gran cantidad de energía
Sí lo es, cuando se trata de una planta de cientos o miles de lps y
No hay energía disponible en el lugar.



¿LA DESALACIÓN CONSUME MUCHA ENERGÍA ?

Si bien, una planta grande requiere bastante energía, como por ejemplo 7.200 kW o 7,2 MW para 500 l/s (288.000 hab), lo que requeriría a partir de este tamaño, una obra eléctrica relevante, esto es mucho menos energía que la que consume un sólo buque de carga, a partir de 100% combustible fósil o gas natural en el mejor caso.

	Small	Medium	Large
Class boundaries ME kW rating (kW)	ME < 6,000 kW	6,000 kW <= ME < 15,000 kW	15,000 kW <= ME
Upper and low engine sizes in each range (kW)	75-6,000	6,000-15,000	15,000-146,618
Representative engine size used in calculations (kW)	3,000	10,000	25,000

Es necesario poner en perspectiva qué significa un alto consumo de energía, en relación a otras actividades humanas que pasan desapercibidas y no tienen el impacto social y económico de ayudar a garantizar el suministro de agua.



Historial	
Astillero	Odense Steel Shipyard Ltd, Dinamarca
Clase	Clase Mærsk E (8 buques)
Tipo	Portacontenedores
Operador	Maersk Line
Características generales	
Desplazamiento	156 907 toneladas
Tonelaje de peso muerto	55 396 NT (Tonnage)
Tonelaje	170 974 GT
Eslora	399 m
Manga	56 m
Calado	15,5 m
Propulsión	1 Wärtsilä 14RT-Flex96c 5 Caterpillar 8M32
Potencia	80 MW (109 000 Cv) + 30 MW (40 000 Cv)
Velocidad	25,5 nudos
Tripulación	13, con camarotes para 30
Capacidad	156 907 t 11 000 TEU

DESCARGA DE CONCENTRADO O SALMUERA

Es la devolución de agua con mayor contenido de sales, producto del proceso de separación que realiza la Osmosis Inversa

Varia de acuerdo al tamaño de la planta, desde 8% de recuperación hasta 45% de recuperación en las plantas más grandes.

La Salinidad Promedio del Mar es 35.000 ppm (partes por millón de sales disueltas), lo que equivale a 35 kilos / m³

El concentrado tiene salinidades desde 38.043 ppm (en una mini planta) hasta 63.636 ppm en una gran planta. Este es, desde 1,09 a 1,82 veces más salinidad.

Las Obras Marinas se pueden diseñar correctamente, de manera que la capacidad de dilución del mar, no permita generar cambios en la concentración a pocos metros de la descarga.

QUE CONTIENE EL CONCENTRADO O SALMUERA

La misma composición del agua de mar, pero más concentrada.

Anti incrustantes biodegradables que se aplican en concentraciones de 2 a 4 ppm

Puede contener cloruro férrico, usado como coagulante en el proceso de filtrado, pero éste puede ser eliminado y no dispuesto en la descarga, tratando el volumen de agua usado en los retro-lavados.

La temperatura del agua, no se afecta. Podría tener +/- 1 grado de diferencia, dependiendo de la T° ambiental.

Como en cualquier obra de ingeniería, se pueden usar diseños mejores o avanzados y también diseños convencionales, menos eficientes y de mayor impacto ambiental. Este tema está estrictamente normado.

CÓMO SE REGULA LA TOMA/DEVOLUCIÓN DE AGUA DE MAR

En la evaluación ambiental se verifica el cumplimiento de normas estrictas tanto de la aducción como de la descarga, las que luego en operación, son monitoreadas mediante planes de vigilancia.

El plan de vigilancia permite verificar que los modelamientos (que son conservadores) se cumplan en la práctica. Estos son visados por instituciones como Sernapesca, Directemar y Servicio de Salud.

Las normativas que se usan son muy exigentes, como la de USA (EPA) para la toma o succión y la Australiana o la Europea para la devolución (*).

(*) Australiana: Máximo 5% de aumento de salinidad en el punto en que no hay velocidad en la descarga
Europea: Máximo 10% de aumento de salinidad a 50 metros de la descarga.

Los Planes de Vigilancia son fiscalizados por el SEA y deberían poder ser revisados mediante ley de transparencia.

VIDEO AGUAS CAP (ATACAMA) 400 LPS

DESALACIÓN Y SU ROL ANTE LA SEQUÍA



La desalación es un complemento donde hay fuentes de agua naturales.



Permite enfrentar periodos de escasez con mayor resiliencia.



Permite recuperar fuentes de agua naturales y por ende ecosistemas.



Es la opción más probada cuando no hay otras fuentes de agua.



El tamaño, dependerá del tipo y la dispersión de los usuarios, optimizando la logística de distribución del agua.

Una solución como la desalación NO se debe evaluar como una solución pura, es decir, respecto de sí misma, sino que se debe comparar con las demás medidas que se toman corrientemente, incluyendo:

- Agotar el agua subterránea y superficial (humedales).
- Repartir agua en camiones aljibes (20 veces más caro y no hay inversión).

DESAFÍOS

PLANTAS GRANDES

- Educar sobre la importancia del cuidado del agua a nivel doméstico, industrial y agrícola.
- Proteger las fuentes naturales y combinarlas con nuevas fuentes, como la desalación y el reúso.
- Diseñar una matriz inteligente, combinando plantas grandes y pequeñas, tomando en cuenta la logística de distribución y los plazos de ejecución.
- Despejar los temas regulatorios y de derechos de propiedad.
- Definir los incentivos correctos para que se invierta, la calidad del servicio sea buena y se mantenga una situación ganar-ganar en el tiempo.
- Aplicar los diseños adecuados, que consuman la menor cantidad de energía y generen el menor impacto posible en el medio ambiente.

PLANTAS PEQUEÑAS

- Crear un marco legal y normativa ambiental apta para este segmento, agilizando trámites y bajando los costos para hacerlas viables.
- Aplicar diseños adecuados, que consuman la menor cantidad de energía y generen el menor impacto posible en el medio ambiente. Dar prioridad a las que se alimenten de fuentes renovables de energía, ya que además permitirán un costo de operación menor para las zonas rurales y pequeños agricultores.
- Invertir también en la capacitación y en mantención y monitoreo remoto del equipamiento, sobre todo cuando se trata de zonas rurales, que no queden entregadas a la suerte de los usuarios.

RESUMIENDO

Sigue siendo cierto que a menudo existe un problema de falta de gobernanza o de buena gestión, en lugar de la escasez de agua en sí misma,

pero, el problema de la crisis del agua (tanto en cantidad como en calidad) es real, con grandes amenazas para la producción de alimentos, el suministro urbano (principalmente a los más pobres) y el desarrollo industrial.

... y la desalinización tiene un papel cada vez más importante que desempeñar.

Emilio Gabrielli, Past President IDA

GRACIAS!!

Ivo Radic
iradic@aladyr.net

