



ALADYR
LATIN AMERICAN ASSOCIATION OF
DESALINATION AND WATER REUSE

¿UNA NUEVA DESALADORA? 5 ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Por: Patricio Mártiz

SOBRE NUESTRO PONENTE

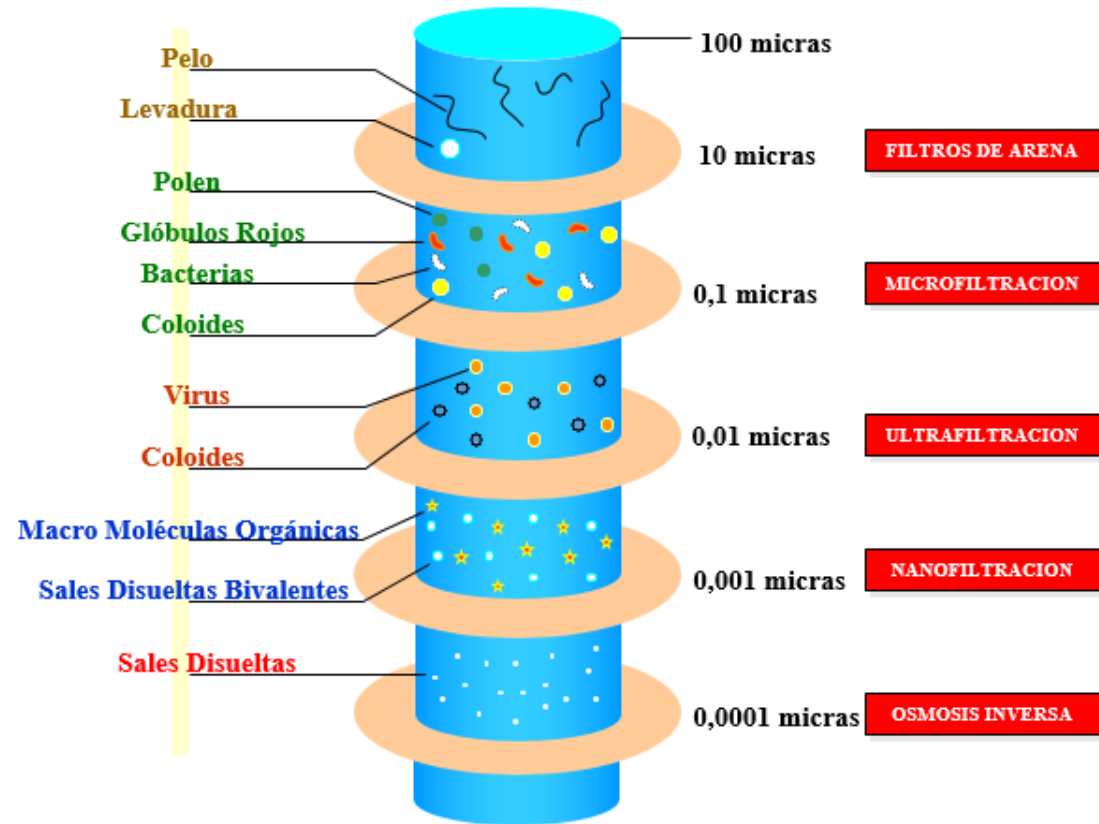


Patricio Martiz es Ingeniero Civil de la Universidad Católica del Norte de Chile y Master en Administración de Empresas (MBA) de la Universidad de Chile, con más de 20 años de experiencia en la Industria del Agua y Distribución de Agua. Fundador y primer presidente de nuestra Asociación Latinoamericana de Desalación y Reúso de Agua, ALADYR. Es experto en desalación, operaciones de plantas desaladoras, regulación, determinación de tarifas para proveedores de servicios municipales de agua, negociaciones contractuales y estrategias para la expansión de negocios dentro de la industria del agua.

Actualmente, forma parte de la directiva de ALADYR y desempeña el cargo de Gerente de Desarrollo de Negocios de ITECK, empresa socia ALADYR.

CONTENIDO

1. Relación con el entorno: El Mar
2. Elegir un buen pretratamiento
3. Uso de productos químicos
4. Uso de energía
5. Costo total a largo plazo



CONTEXTO



Por Equipo El Día el Sáb. 15/02/2020 - 12:15

Crédito fotografía: Cedida

Se instalarán en los asentamientos costeros artesanales de El Apollado, Talquilla, Totalillo Centro, Huentelauquén y Puerto Oscuro. Proyectos que se sumarán a las ya construidas o inauguradas en Talcaruca, Maitencillo, Totalillo Norte y Chigualoco.

La COP25 acuerda una alianza global por desalinización de agua con energía limpia

La GCWDA por sus siglas en inglés, está compuesta por más de 200 organizaciones a nivel mundial de los sectores público, privado y académico, y su objetivo es promover y desarrollar políticas consistentes y marcos regulatorios para la promoción de una desalinización con energías limpias a nivel global.

DICIEMBRE 19, 2019 PILAR SÁNCHEZ MOLINA

COMUNIDAD SUSTENTABILIDAD CHILE



BHP suministrará agua para la mina Escondida solo desde la planta desaladora

Por Mineríaenlinea — Última actualización Feb 5, 2020

SUDAMERICA

Header Responsivo

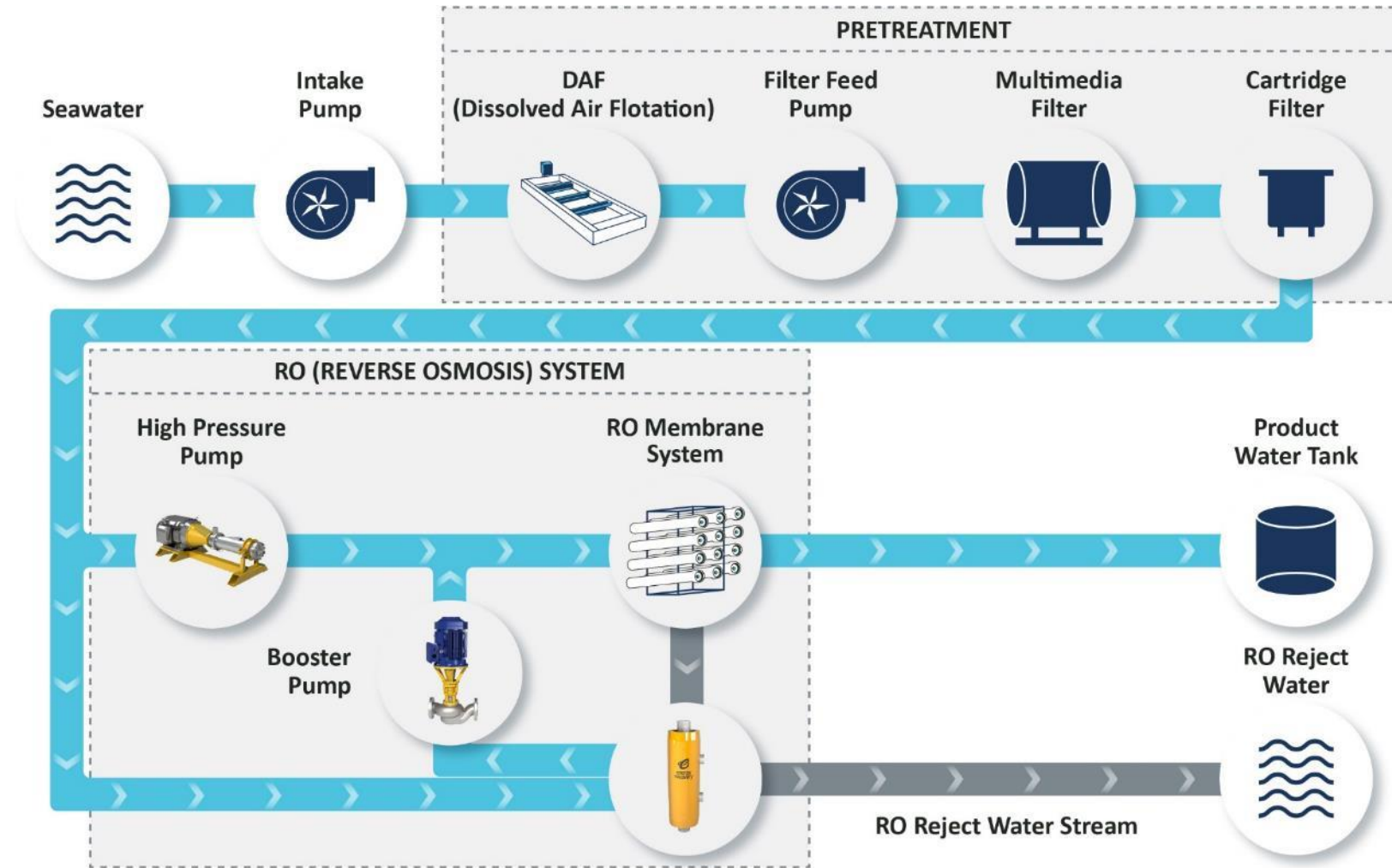


USOS DEL AGUA DESALINIZADA

- Agua potable (Caso Antofagasta)
- Agua industrial (Caso Escondida)
- Agua para Agricultura



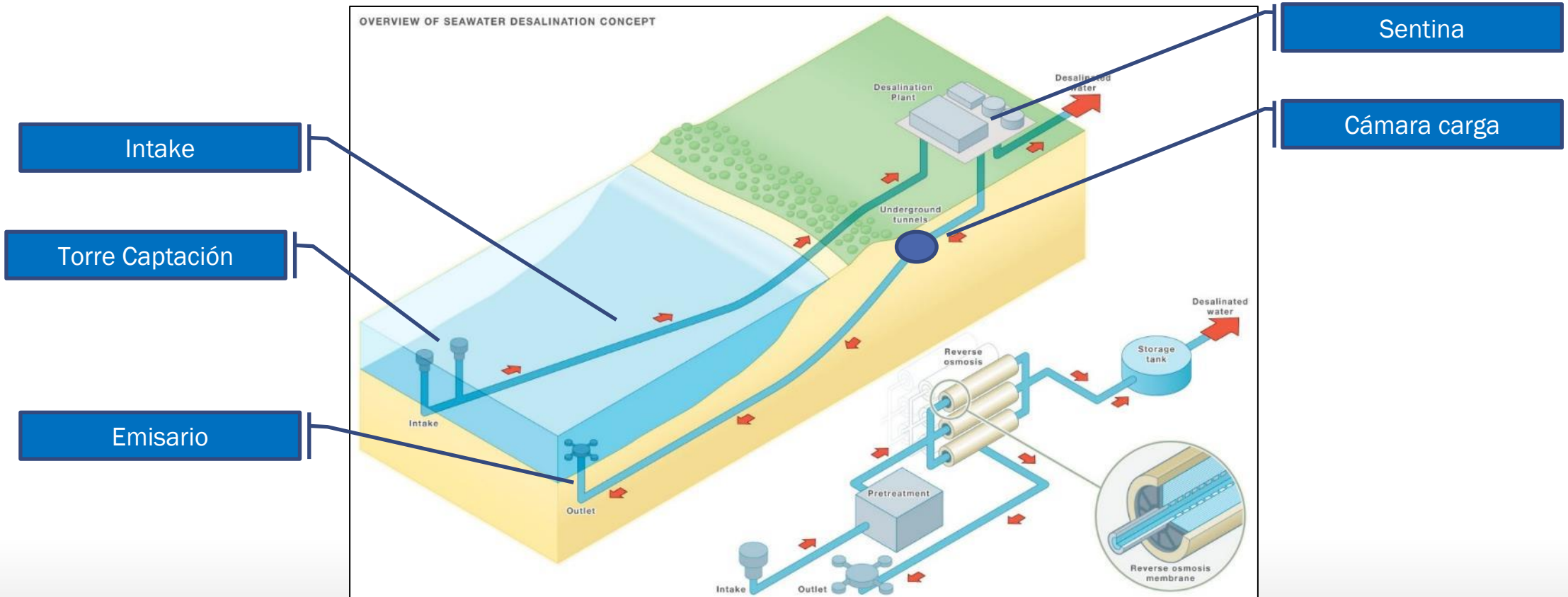
ESQUEMA GENERAL PLANTA DESALADORA



1. RELACIÓN CON EL ENTORNO: EL MAR

1.1 ASPECTOS AMBIENTALES

SISTEMA TÍPICO DE TOMA DE AGUA



MEDIOAMBIENTE: VARIABLES A CONTROLAR

Estudios físicos marinos de referencia:

- Corrientes: lagrangeanas – eulerianas
- Perfil CTD-O
- Calidad del agua
- Batimetría – Zona Protección Litoral

Estudios biológicos:

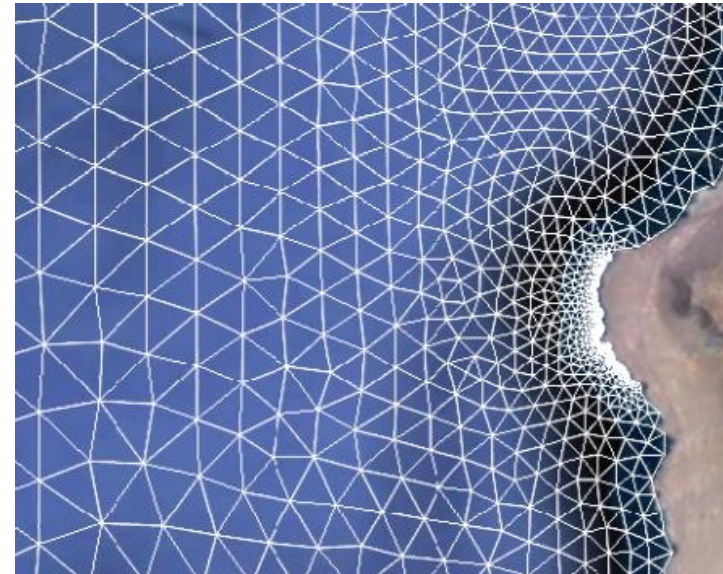
- Análisis comunidades bentónicas: suelo duros y blandos
- Análisis de bancos naturales
- Estudio de avifauna y de mamíferos marinos

Adultos equivalentes:

- Análisis plancton
- Simulación de captación
- Análisis de especies comerciales

Dilución de salmuera:

- Uso de estudios físicos marinos
- Modelos numéricos aceptados



Arqueología submarina:

- Inspección submarina

ESTUDIOS FÍSICOS MARINOS

- Corrientes
- Oleaje
- Viento
- Marea
- Perfil CTD-O
- Calidad del agua
- Batimetría
- Tsunami
- Zona Protección Litoral

Parameter	Orange County, California	Rio Grande, Texas	Tularosa, New Mexico	Cape Hatteras, North Carolina
Cations, mg/L				
Calcium	140.0	163.0	420.0	545.0
Magnesium	10.0	51.0	163.0	1398.0
Sodium	300.0	292.0	114.0	4961.0
Potassium	35.0	0.0	2.30	99.0
Boron	0.8	0.0	0.14	1.2
Bromide	7.4	4.5	0.70	12.5
Total Cations	493.2	510.5	700.14	7016.7
Anions, mg/L				
Bicarbonate	275.0	275.0	270.0	223.0
Sulfate	350.0	336.0	1370.0	173.0
Chloride	350.0	492.0	170.0	6523.0
Fluoride	0.8	0.08	0.0	1.3
Silica	10.0	35.0	22.0	22.0
Nitrate	1.0	1.5	10.0	1.0
Total Anions	986.8	1139.58	1842.0	6943.3
TDS mg/L	1480.0	1650.0	2542	13,960.0

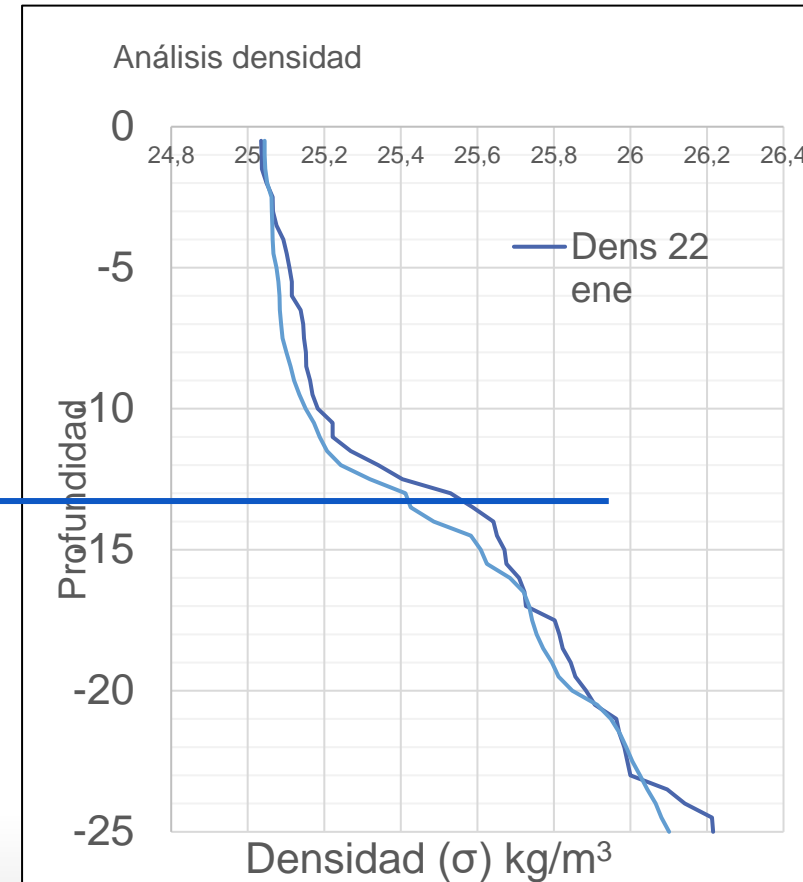
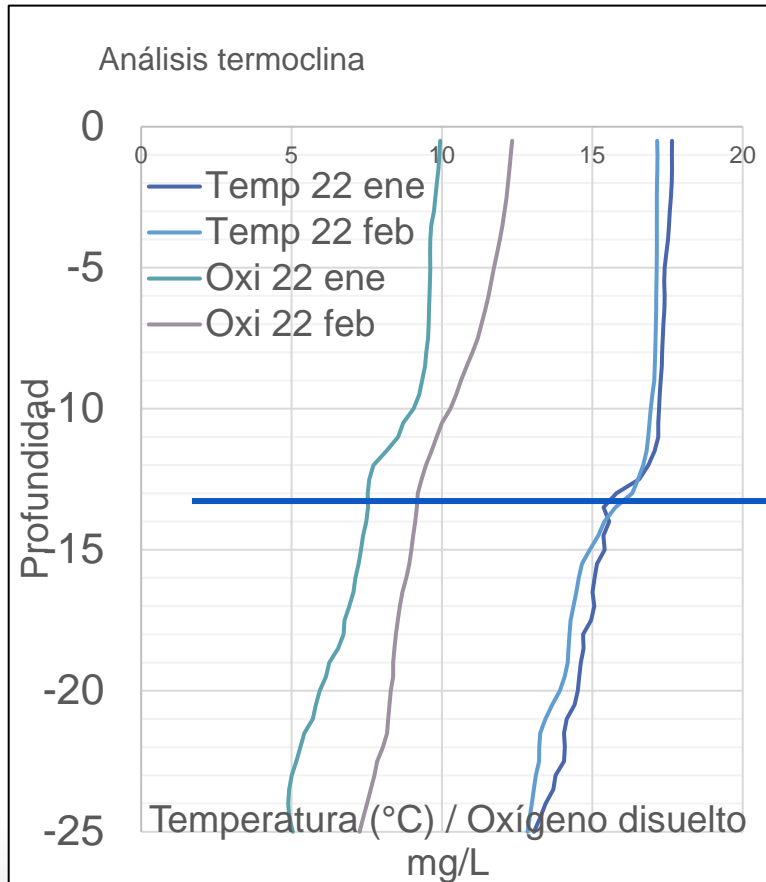
Seawater Source	Typical TDS Concentration, mg/L	Temperature, °C
Pacific and Atlantic Oceans	35,000	9–26 (avg 18)
Caribbean Sea	36,000	16–35 (avg 26)
Mediterranean Sea	38,000	16–35 (avg 26)
Gulf of Oman and Indian Ocean	40,000	22–35 (avg 30)
Red Sea	41,000	24–32 (avg 28)
Persian Gulf	45,000	16–35 (avg 26)

Note: Seawater TDS and temperature may be outside the table ranges for any specific location.

1. RELACIÓN CON EL ENTORNO: EL MAR

1.2 CRITERIOS DE DISEÑO

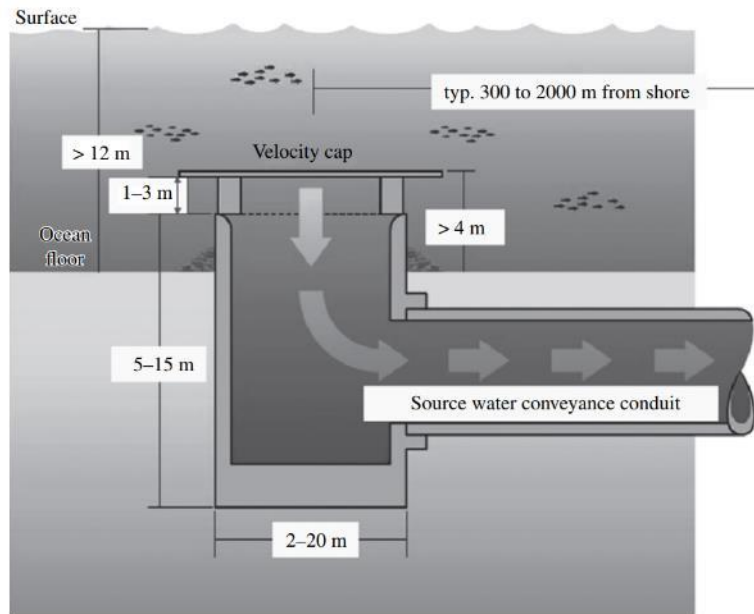
TERMOCLINA



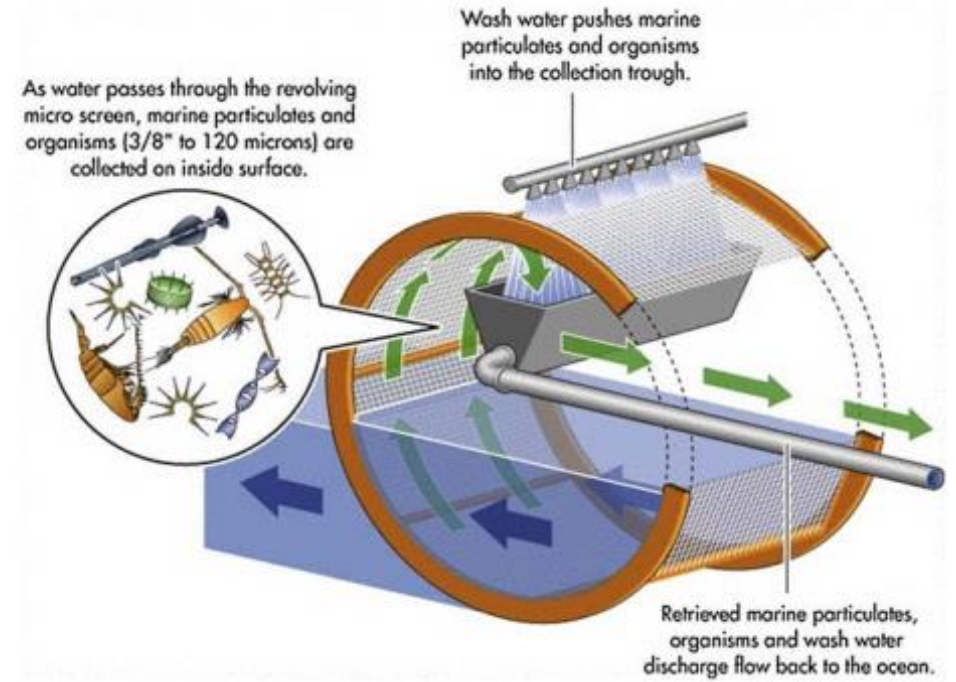
CAPTACIONES

Velocidad de Captación

- Normativa (EPA): 0,15 m/s
- Velocidad del pez más lento de la zona - (0,5 m/s)



CAPTACIONES



DISPOSICIÓN SALMUERA

En Latinoamérica no hay regulación que establezca límites máximos permitidos de descarga de aguas salinas a cuerpos de agua marinos

Supletoriamente, se considera normativa internacional para establecer criterios de diseño para el cálculo de dilución

Campo lejano



Campo cercano



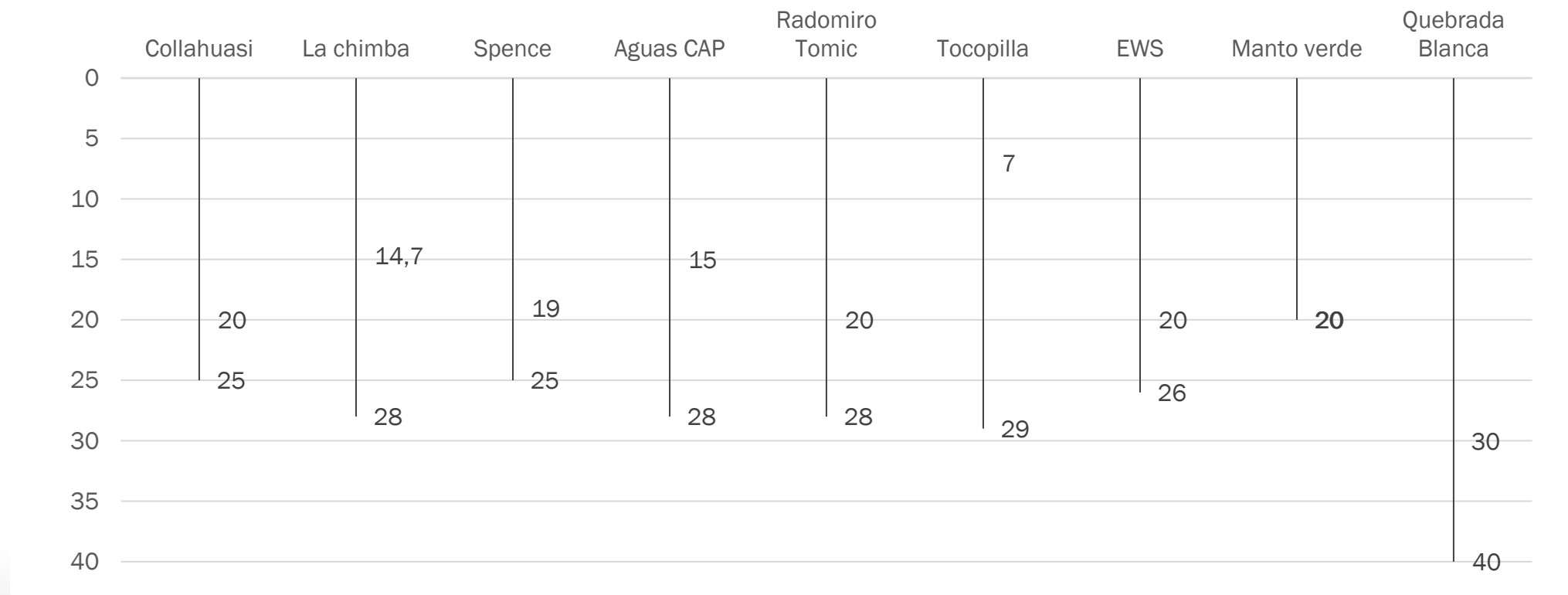
Comunidad Europea

DIRECTIVA 2006/113/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 12 de diciembre de 2006 relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos, establece un máximo de 10% de sobreconcentración

Australia

Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Water, 1992: Fija como cota máxima un aumento del 5% de la salinidad natural del medio por efectos de la descarga de salmuera, una vez igualado los momentum de la mezcla

PROFUNDIDADES DE OBRAS MARINAS EN PLANTAS EN CHILE



1. RELACIÓN CON EL ENTORNO: EL MAR

1.3 EFECTOS EVENTOS DE CALIDAD

HARMFUL ALGAL BLOOMS (HAB's) / MEDUSAS



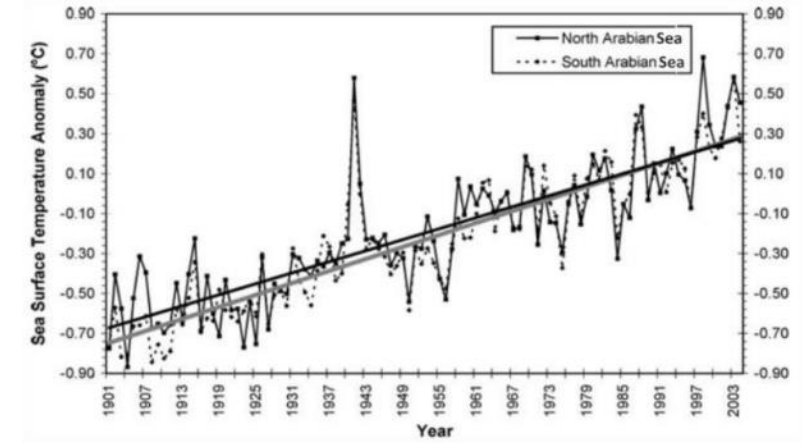
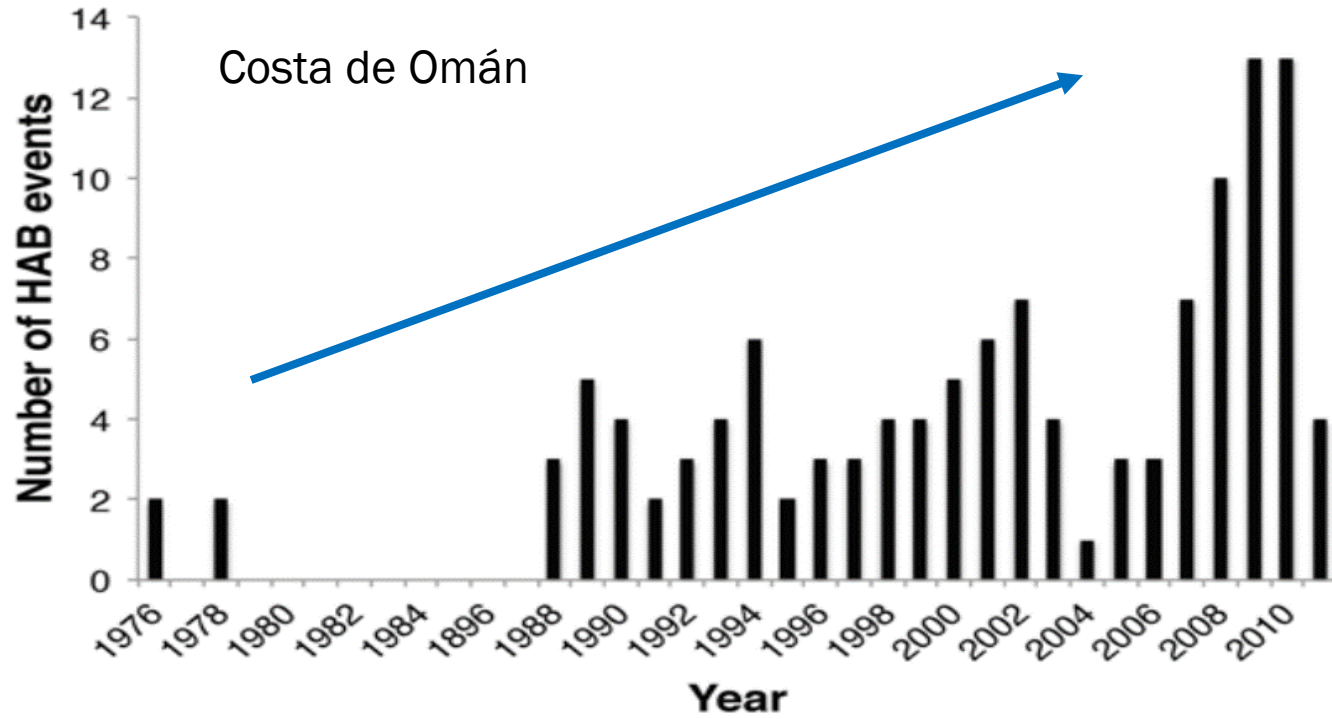


Figure 1. Time series of Sea Surface Temperature (°C) over Arabian Sea (Source: Dash *et al.*²⁴, 2007)

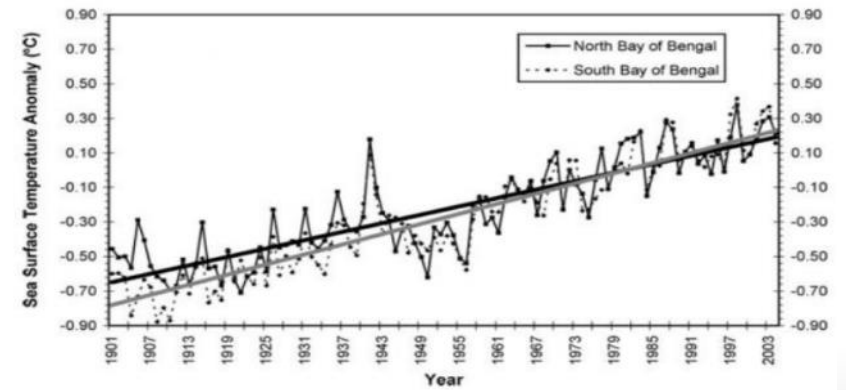


Figure 2. Time series of Sea Surface Temperature (°C) over Bay of Bengal (Source: Dash *et al.*²⁴ 2007)

Los cambios son a nivel global

Oscilación del Fenómeno Del Niño

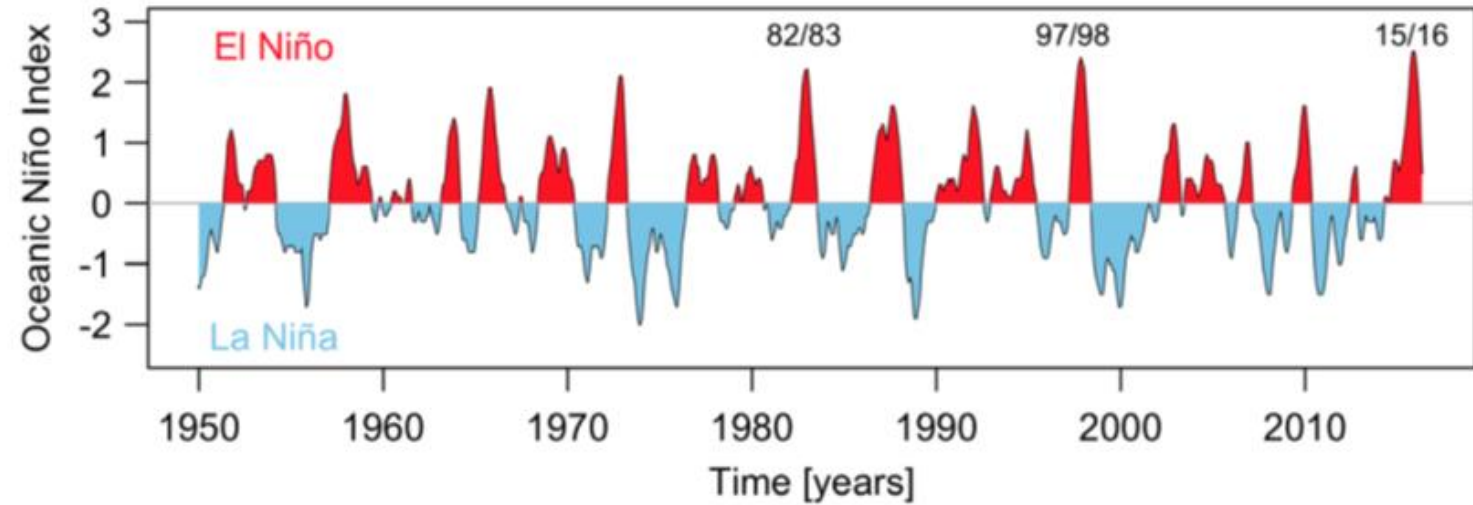
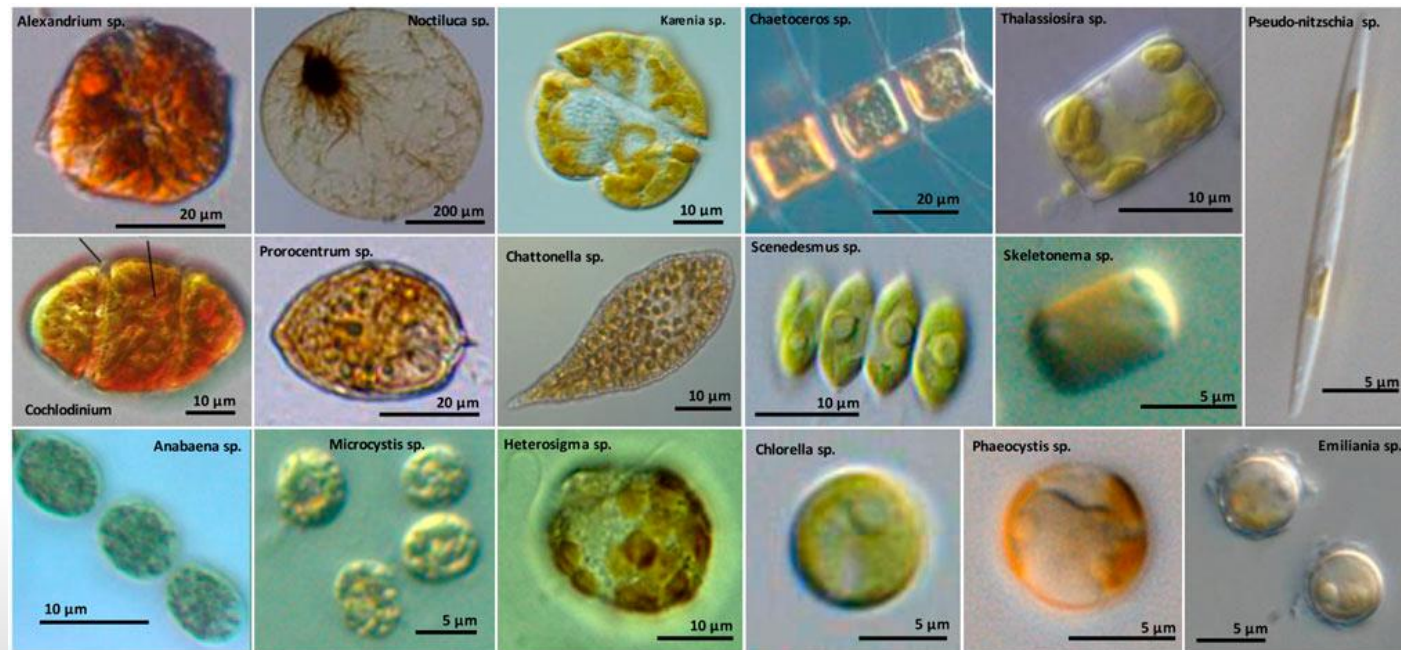
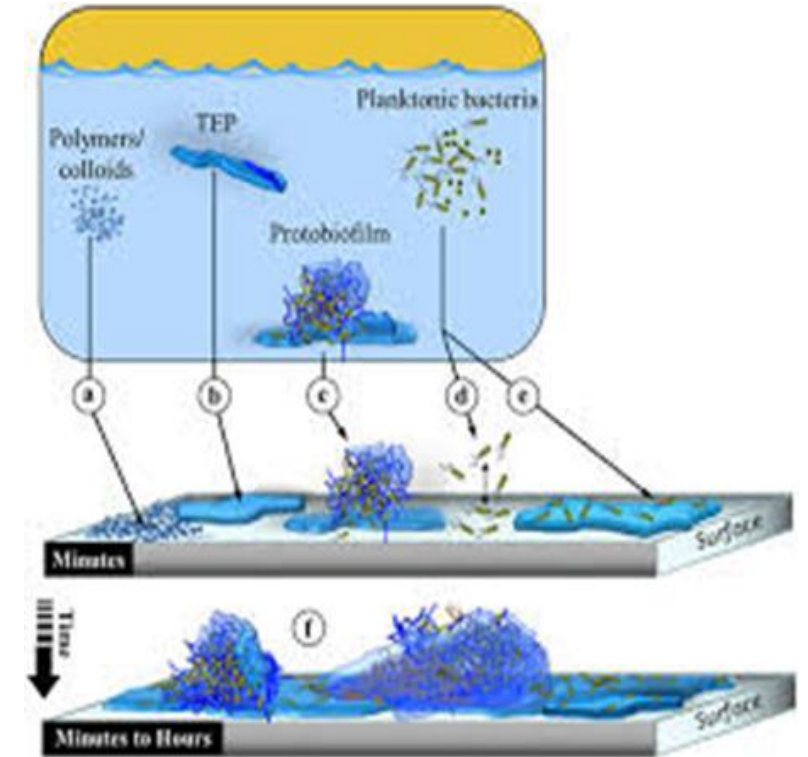


Imagen con microscopio óptico de especies en Bloom de algas



TEP's (PARTÍCULA TRANSPARENTE DE EXOPOLÍMERO)

- Partículas de Exopolímero Transparente (TEP) generalmente proviene de crecimientos explosivos de algas y puede perjudicar la operación de sistemas de filtración por membranas (UF / RO), con peaks de ocurrencia cuando hay crecimiento de fitoplancton.
- Debido a que son partículas pegajosas, se depositan fácilmente entre espaciadores y superficies. Presentan las propiedades del gel, conformados mayoritariamente por polisacáridos ácidos, de alto peso molecular y comportamiento hidrofóbico.
- La abundancia de TEP's en agua de mar ha sido presenciada por años, pero solo recientemente ha sido señalada como una de las principales causas de biofouling en sistemas de osmosis inversa
- Las membranas de osmosis son un medio ideal para la colonización de microorganismos, ya que también son biodegradables, lo que las hace ideal como sustrato de crecimiento



2. ELEGIR UN BUEN PRETRATAMIENTO

¿POR QUÉ UTILIZAR PRETRATAMIENTO?

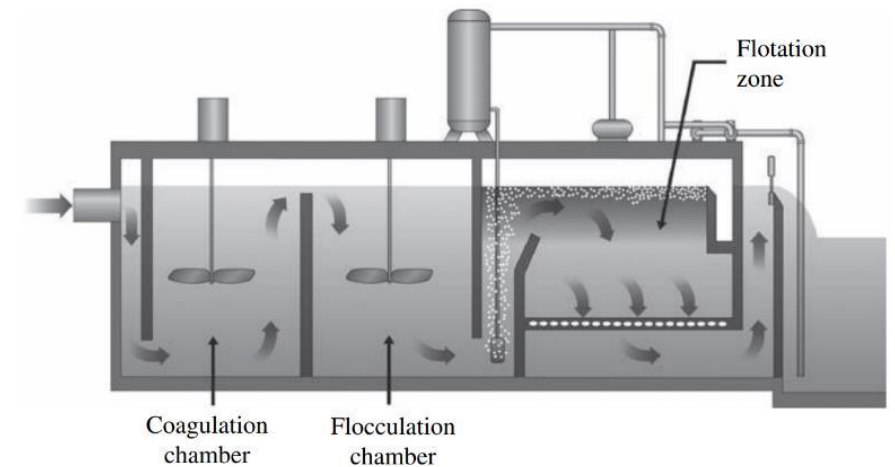
- La ósmosis inversa está diseñada para separar sales disueltas
- A mayor ensuciamiento físico, mayor limpieza química en ósmosis
- Un buen pretratamiento mejora disponibilidad y expectativa de vida de la ósmosis

2. ELEGIR UN BUEN PRETRATAMIENTO

2.1 FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO

FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)

- Se utiliza para remover contaminantes flotantes, como algas, aceites y grasas, o cualquier sólido liviano que no pueda ser removido por filtración o sedimentación.
- Se utiliza aire para hacer flotar estas partículas livianas
- Mayor porcentaje de concentración de sólidos respecto a sedimentador (0,3% a 0,5% vs 1% a 3%)
- Requiere grandes áreas de utilización
- Complica la operación en línea de filtros posteriores

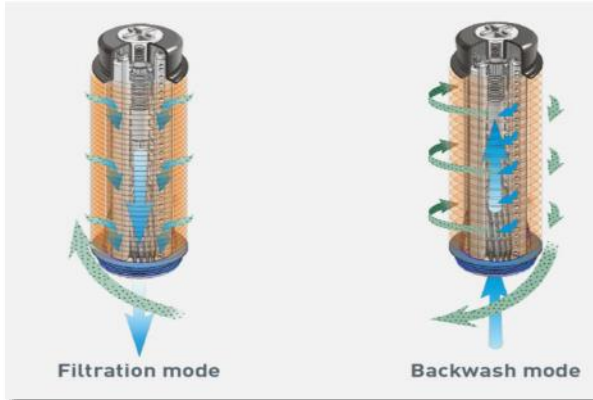


2. ELEGIR UN BUEN PRETRATAMIENTO

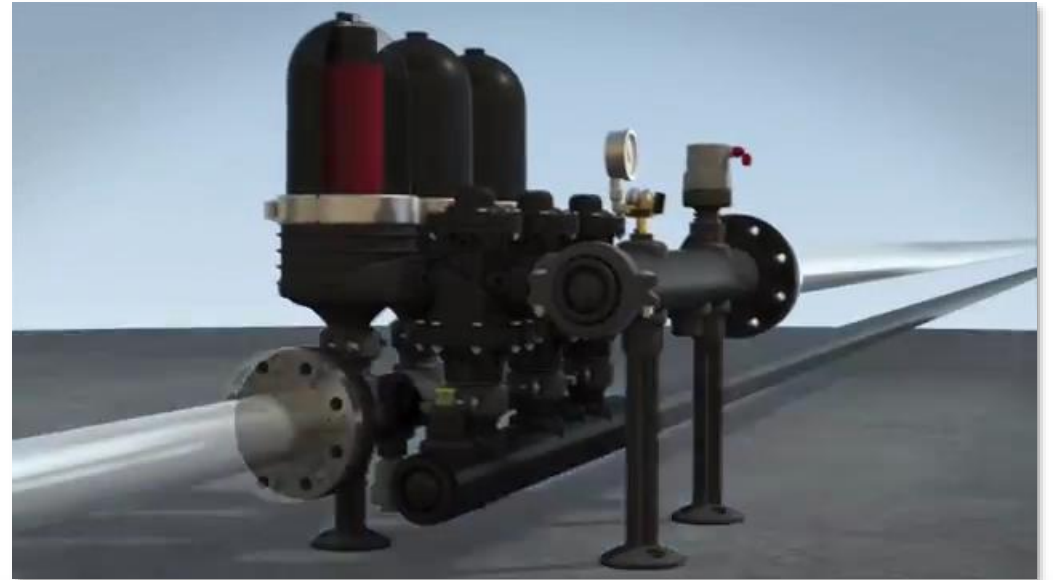
2.2 FILTROS AUTOLIMPIANTES

FILTROS AUTOLIMPIANTES

- Amplio rango de filtración (20 a 400 μm de corte)
- Fácil de operar: limpiezas automáticas y sin equipos externos



- Bajo footprint
- Materiales filtrantes son de plástico (bajo costo)

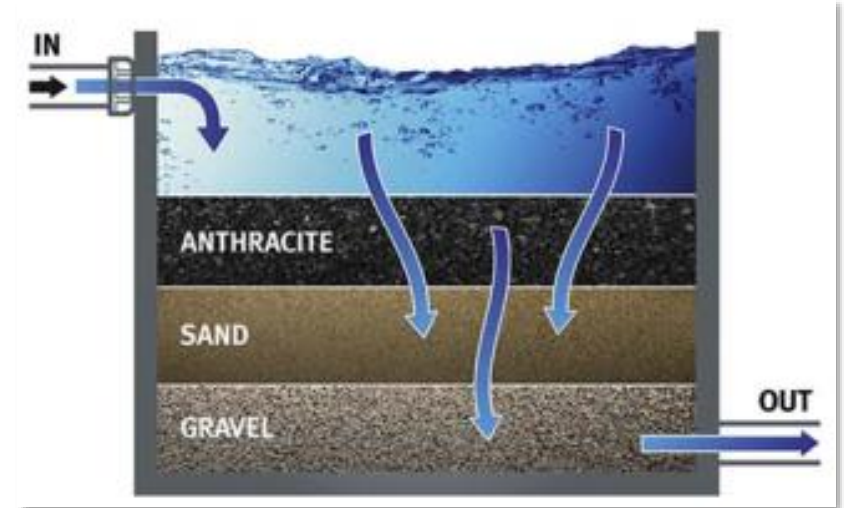


2. ELEGIR UN BUEN PRETRATAMIENTO

2.3 FILTRO MULTIMEDIA

FILTRO DE MEDIO GRANULAR (FMM)

- Es el pretratamiento más común antes de la ósmosis
- Generalmente se utilizan filtros de una etapa, con antracita + arena
- Para aguas más complejas, se pueden utilizar 2 etapas, con medios distintos.
- El objetivo es tener turbidez media menor a 0,1 NTU y máxima menor a 5 NTU.
- Se espera tener un SDI_{15} menor a 3 el 95% del tiempo y menor a 5 en todo momento.
- Operación más sencilla

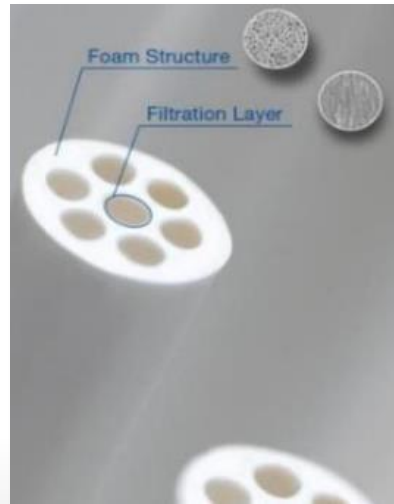


2. ELEGIR UN BUEN PRETRATAMIENTO

2.4 ULTRAFILTRACIÓN

ULTRAFILTRACIÓN (UF)

- Tamaño de corte menor: $0,1 \mu\text{m}$
- Las plantas más grandes del mundo y con tecnología más avanzada utilizan UF
- Asegura mejor calidad de ingreso a la ósmosis
- Categorías:
 - Flujo cruzado / directo
 - Vertical / Horizontal
 - In-out / out-in
- Requieren limpieza química
- Operación más compleja que FMM



SOLUCIÓN OPERACIONAL PARA BLOOM DE ALGAS EN UF

CEB (Chemical Enhanced Backwash)

- NaOCl en concentración
- CEB frecuente

Inline Coagulation

- Dosificar en línea:
 - Mejora remoción partículas
 - Riesgo de deposición de Fe en membranas RO

Maintenance cleaning (Cleaning in Place CIP)

- Composición química
- Diseño de planta con redundancia

RECOMENDACIONES DE PRETRATAMIENTO

Calidad del Agua de alimentación	Recomendación de pretratamiento	Comentarios
Turbidez < 0,1 NTU SDI ₁₅ < 2 TOC (anual) < 1 mg/L	Sólo filtros cartucho	Puede ser necesario removedor de arena si se utiliza una captación tipo pozo infiltración
0,1 < Turbidez < 5 NTU SDI ₁₅ < 5 TOC (anual) < 1 mg/L	FMM de una etapa + filtros cartuchos UF puede ser competitiva si se garantiza una vida útil de membranas RO	No se necesita coagulante
5 < Turbidez < 30 NTU SDI ₁₅ > 5 TOC (Bloom algas moderado) < 4 mg/L	FMM de una etapa + filtros cartuchos ó UF	Se requiere coagulante
30 < Turbidez < 50 NTU SDI ₁₅ > 5 TOC (Bloom algas alto) > 4 mg/L	Sedimentador o DAF + FMM de 1 etapa + filtro cartuchos ó Sedimentador o DAF + UF	
Turbidez > 50 NTU SDI ₁₅ > 5 TOC (Bloom algas alto) > 4 mg/L	Sedimentador o DAF de alta tasa de filtración + FMM de 2 etapas + filtros cartucho ó Sedimentador o DAF de alta tasa de filtración + UF	

3. USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

3.1 TIPOS DE PRODUCTOS

TIPOS

Pretratamiento: SDI / limpieza

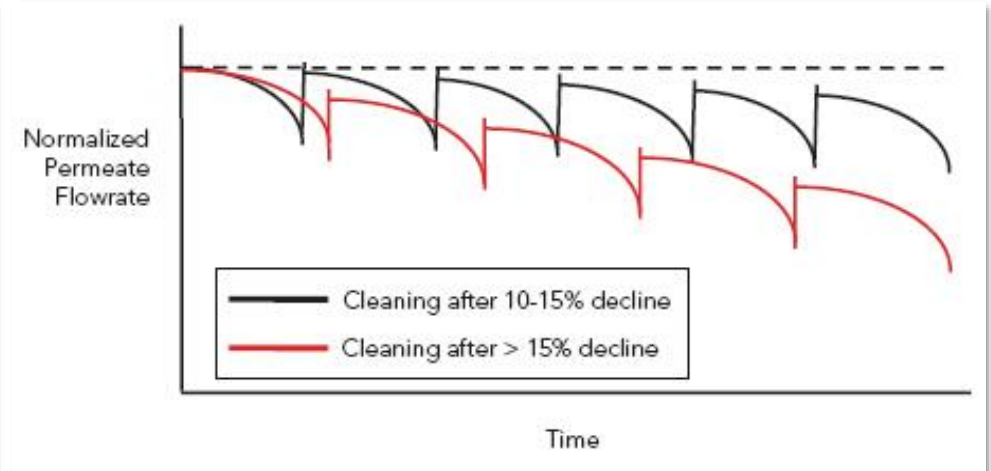
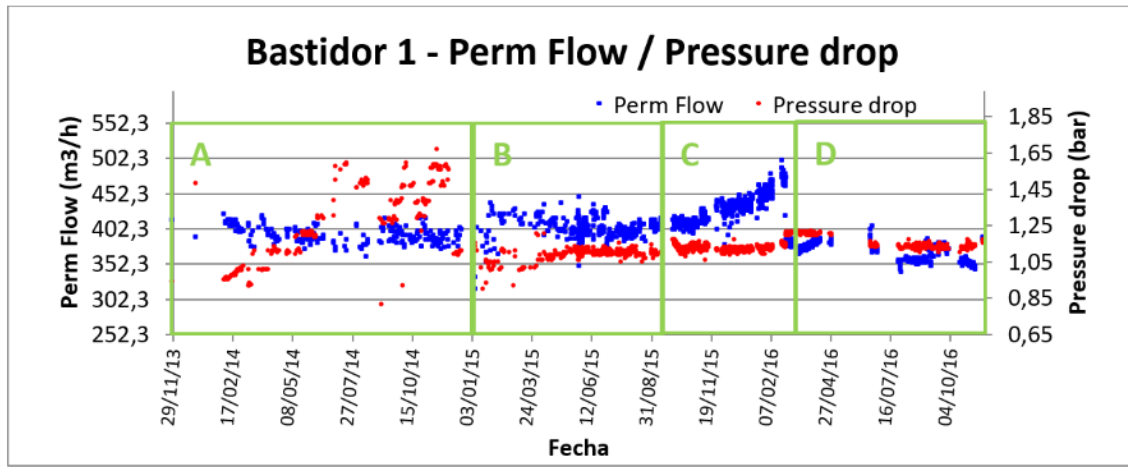
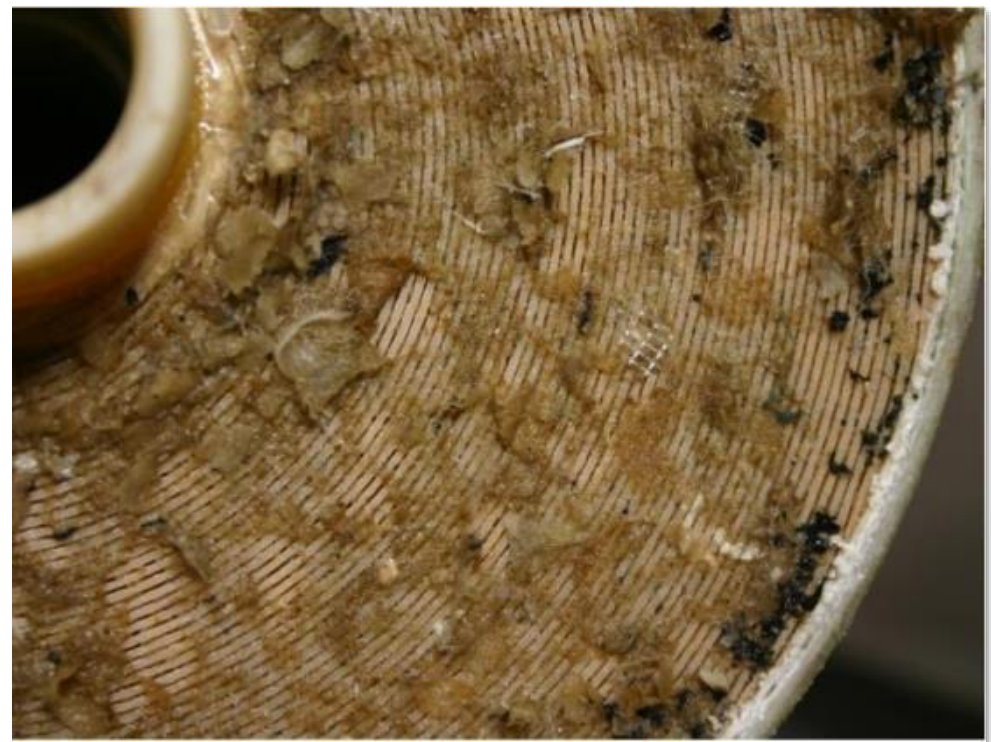
- ¿Por qué?
- Hipoclorito de sodio
- Cloruro férrico
- Ácido sulfúrico
- Limpieza:
 - Desinfectante
 - Soda cáustica
 - Ácido cítrico / oxálico



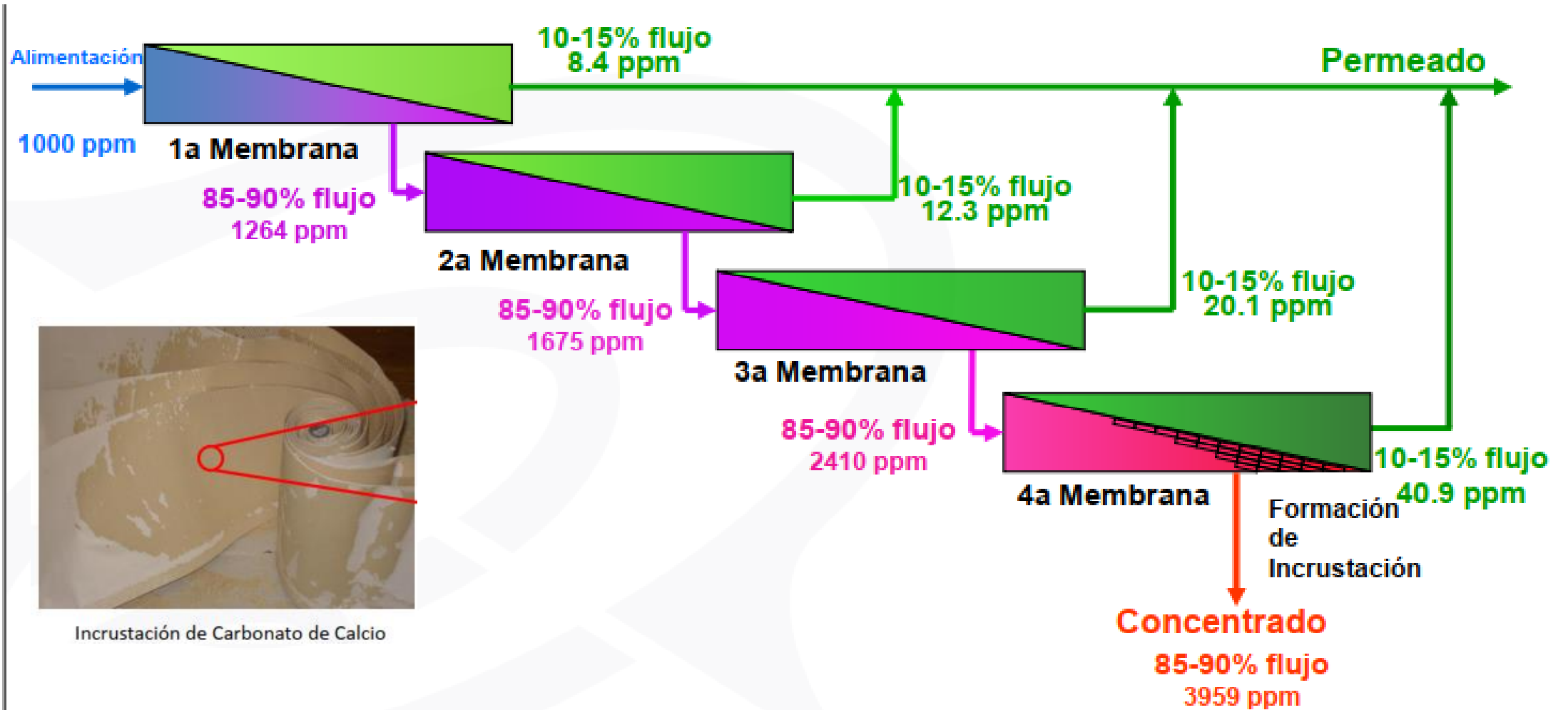
TIPOS

Osmosis

- Por qué?
- Antiincrustante
- Limpieza: alcalina / ácida



FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES



USO ESPORÁDICO

Pre-tratamiento

- CIP UF
 - Hipoclorito de sodio
 - Soda cáustica
 - Ácido cítrico / Ácido oxálico / Ácido sulfúrico

Ósmosis

- CIP RO
 - Ácido cítrico
 - Soda cáustica
 - Tripolifosfato de sodio
 - EDTA-Na

USO FRECUENTE

Captación

- Hipoclorito de sodio: limpieza intake

Pre-tratamiento

- Cloruro Férrico: coagulante (DAF/UF)
- CEB UF
 - Hipoclorito de sodio
 - Soda cáustica
 - Ácido cítrico / Ácido oxálico

Ósmosis

- Antiincrustante

Post-tratamiento

- CO₂
- Calcita / cal
- Hipoclorito de sodio
- Soda cáustica

Neutralización

- Metabisulfito de Sodio
- Ácido Sulfúrico
- Soda Cáustica

TIPOS

Post-tratamiento: LSI

- ¿Por qué?
- CO_2
- Cal / Calcita
- Hidróxido
- Cloro / flúor

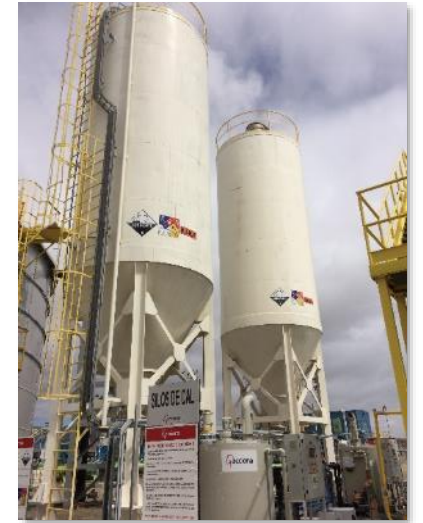


3. USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

3.2 ALMACENAMIENTO

ALMACENAMIENTO

- Tipo producto (bulk / envase)
- Normas: DS 43
 - Separación por peligrosidad
 - Cantidad almacenada
 - Incompatibilidad entre productos
 - Medidas de contención:
 - Pretil contra derrames
 - Área de seguridad sin tránsito
 - Separador de otros reactivos



3. USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

3.3 COMPATIBILIDAD CON EL MEDIOAMBIENTE

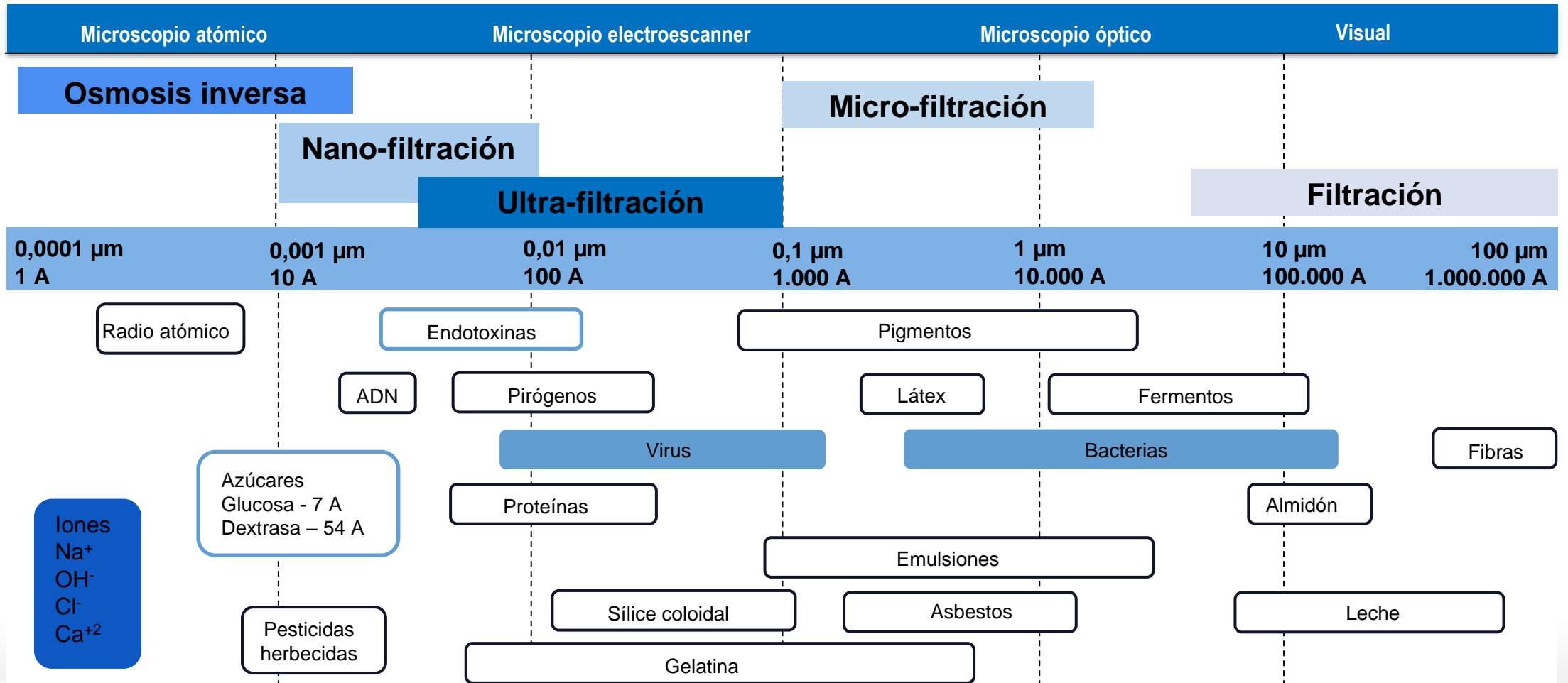
COMPATIBILIDAD CON EL MEDIOAMBIENTE

- Neutralización → Limpiezas químicas (ácidas, básicas, oxidantes)
- Devolver la salmuera con pH y ORP lo más cercano posible al original
- Calidad alimenticia
 - Cal /calcita
 - Flúor
 - Soda cáustica
 - Hipoclorito de sodio

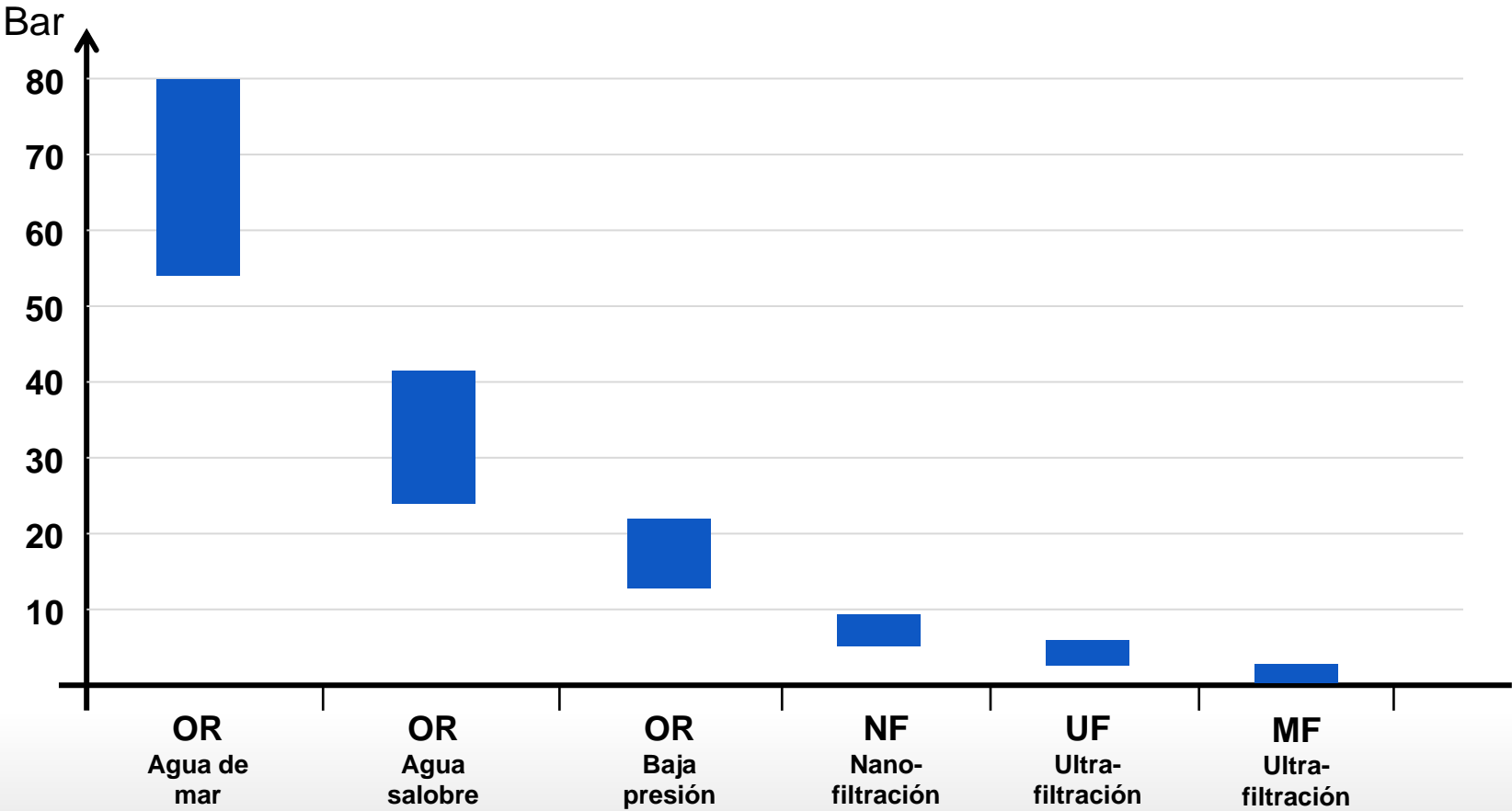
4. USO DE ENERGÍA

4.1 TENDENCIAS DE CONSUMO ELÉCTRICO

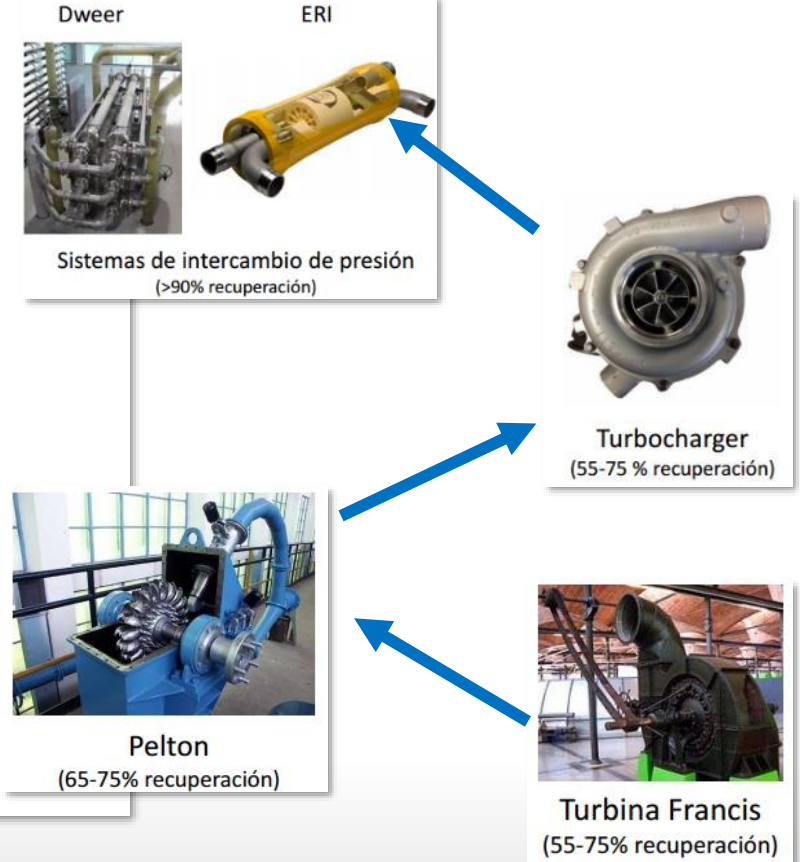
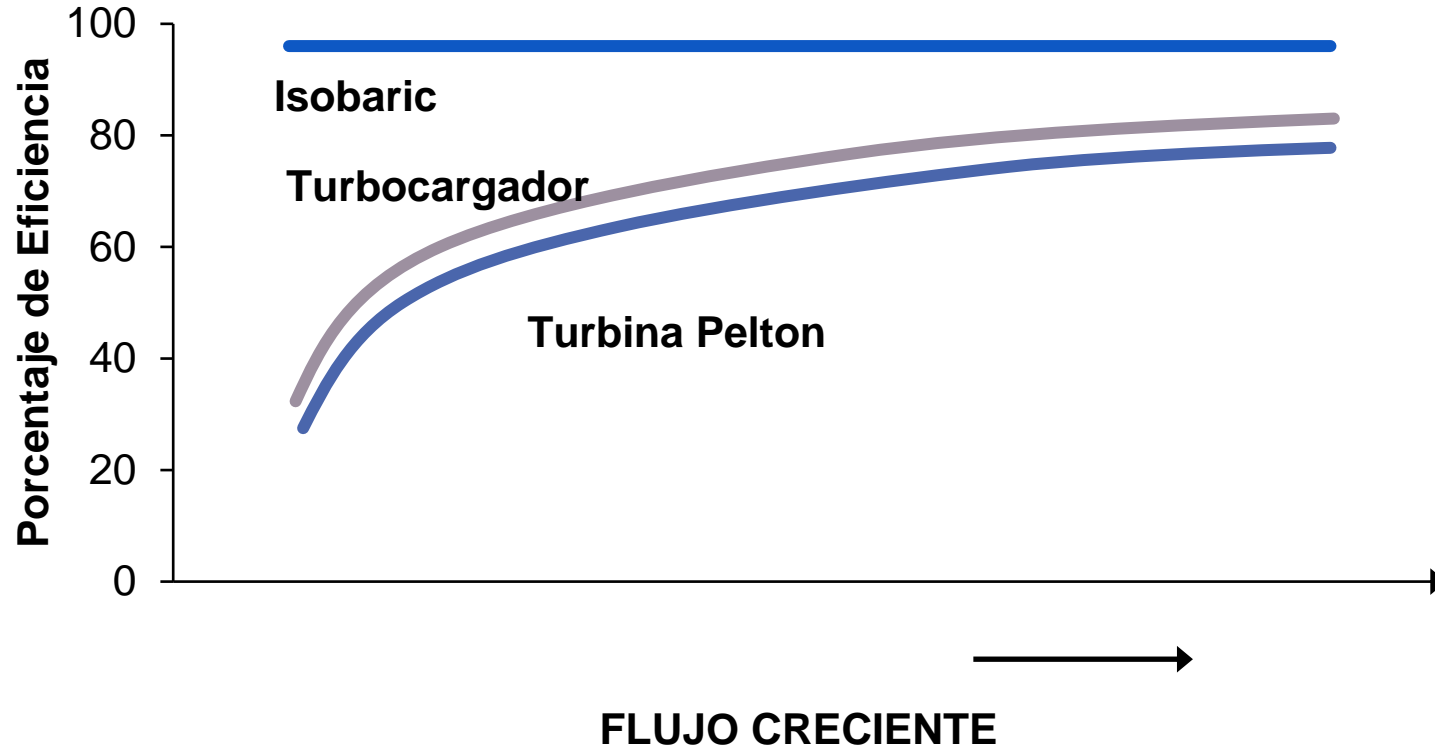
RANGO DE SEPARACIÓN



PRESIÓN DE TRABAJO DIFERENTES TECNOLOGÍAS

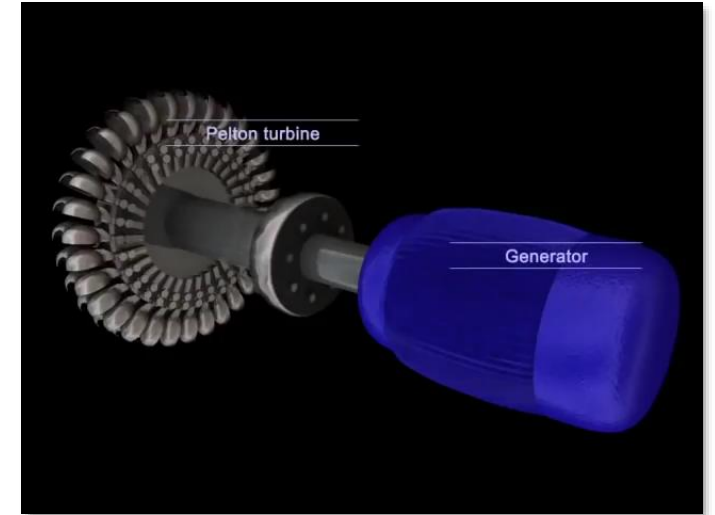
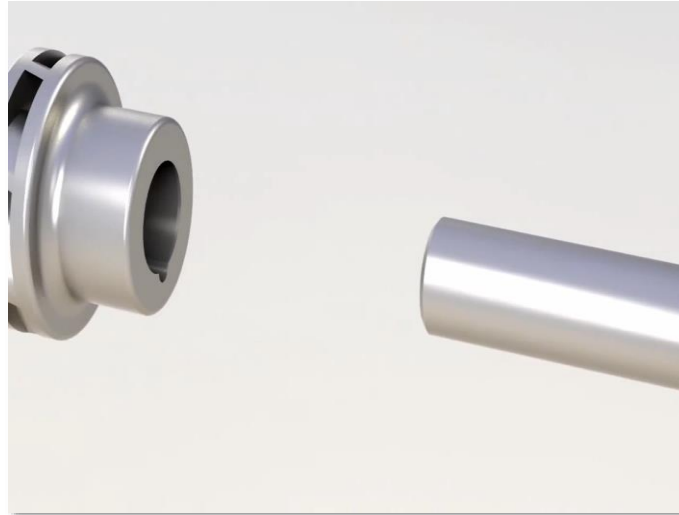


SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA ISOBÁRICA TIENE ALTA EFICIENCIA SIN IMPORTAR EL TAMAÑO DEL SISTEMA



FUNCIONAMIENTO

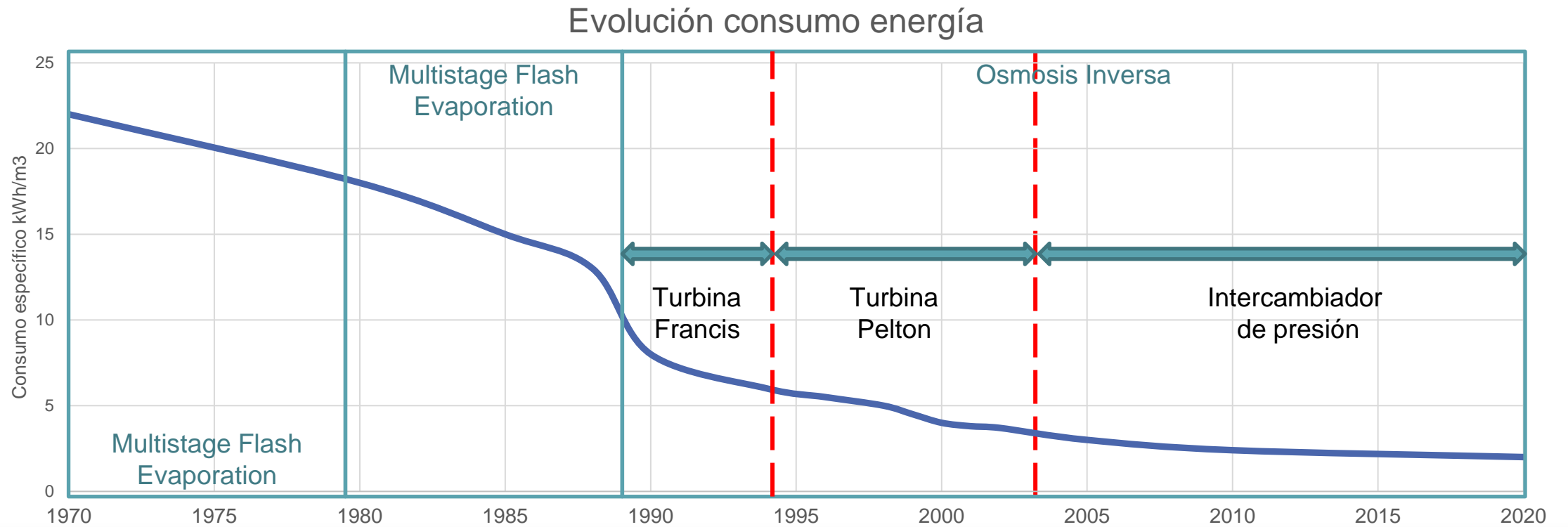
- Turbina Pelton
- Turbocharger
- ERD Isobárico



4. USO DE ENERGÍA

4.2 ESFUERZOS INDUSTRIA DE DESALACIÓN

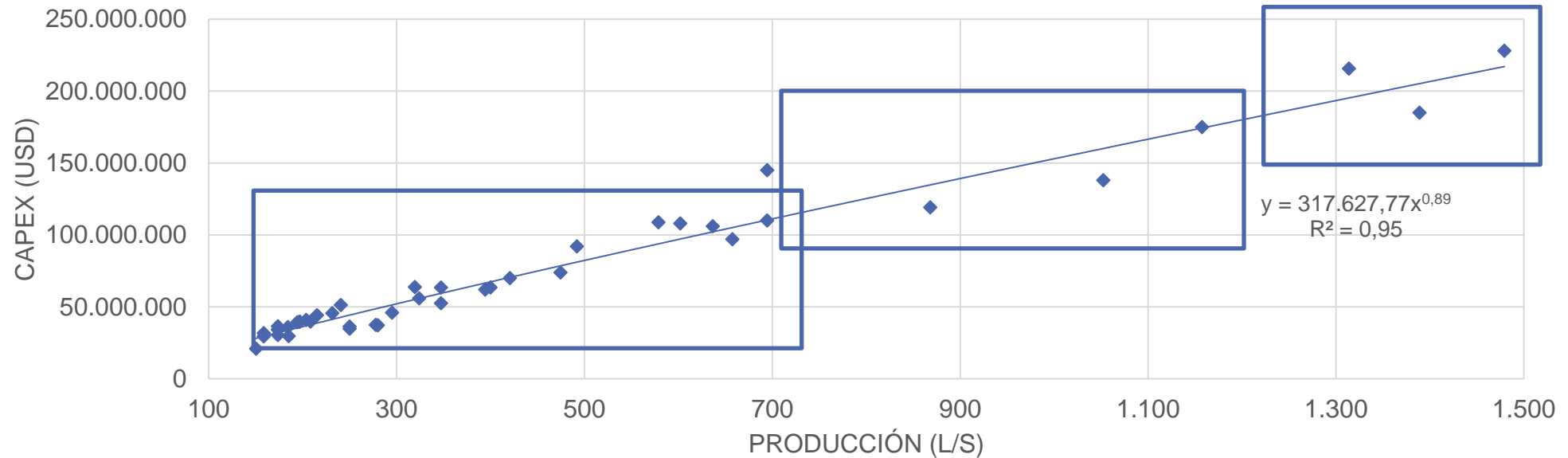
ESFUERZOS INDUSTRIA DESALACIÓN



5. COSTO TOTAL DE LARGO PLAZO

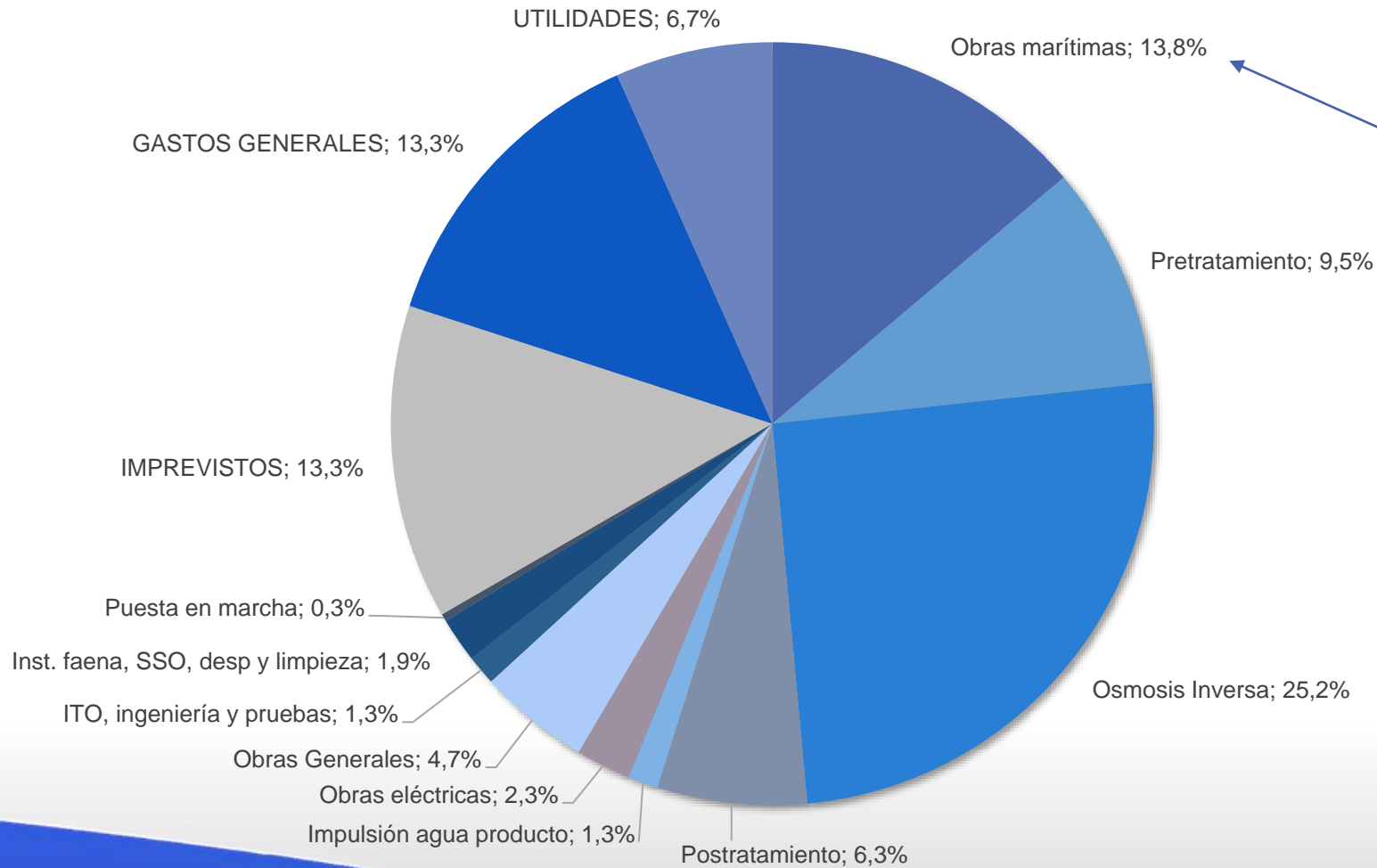
5.1 INVERSIÓN Y LA ECONOMÍA DE ESCALA - MODULARIDAD

INVERSIÓN Y LA ECONOMÍA DE ESCALA - MODULARIDAD



1.700 a 2.000 USD por (m³/día) de agua producto
Poca economía de escala (¿por qué?)

INVERSIÓN Y LA ECONOMÍA DE ESCALA - MODULARIDAD



Puede llegar al 25%

5. COSTO TOTAL DE LARGO PLAZO

5.2 DISPONIBILIDAD

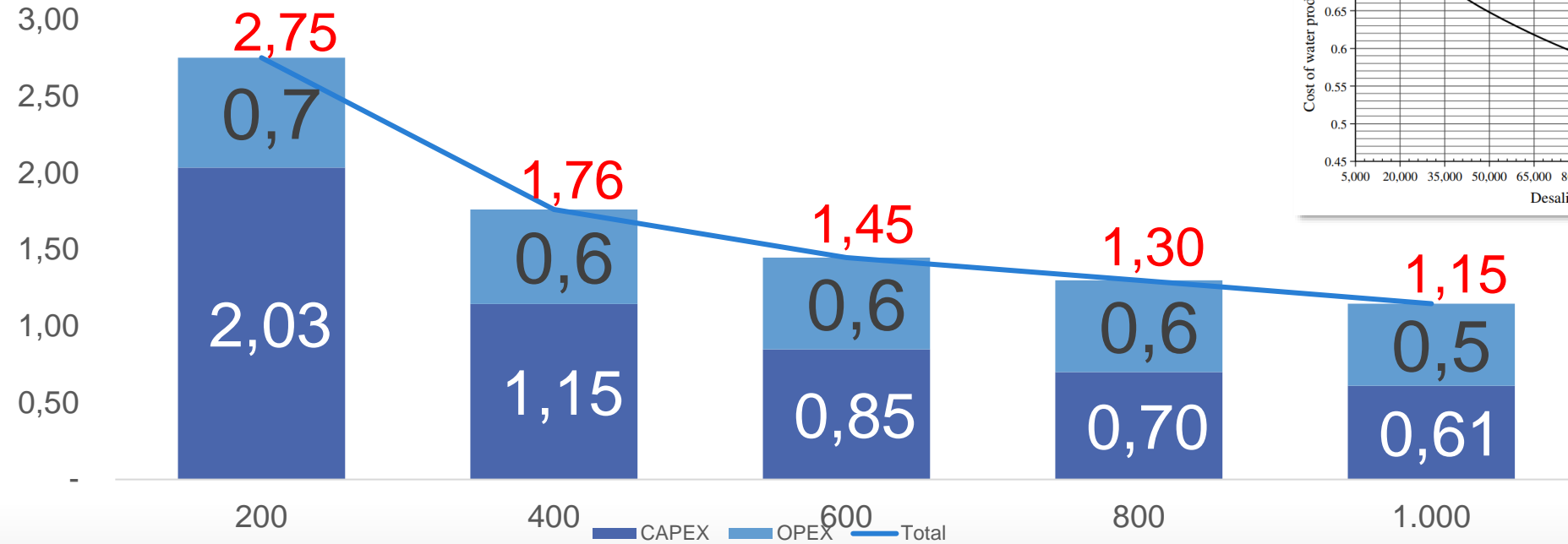
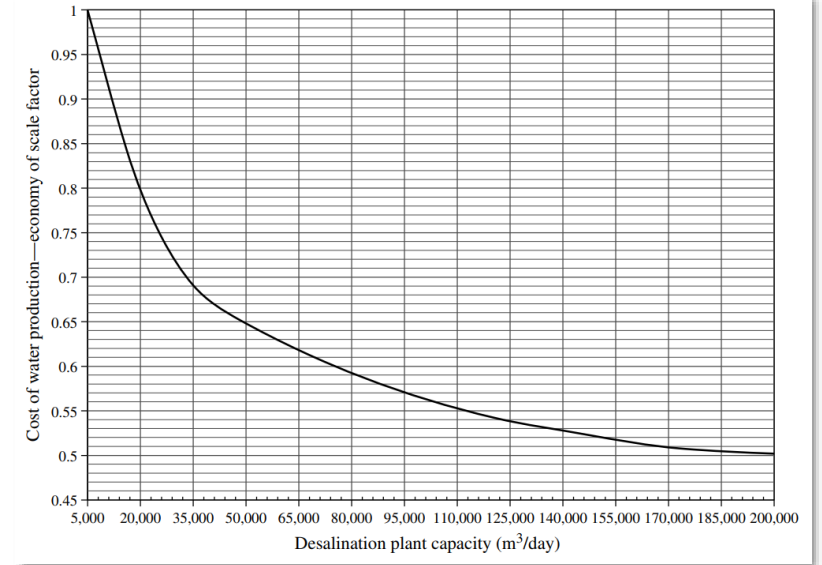
DISPONIBILIDAD DE PLANTA

- Mecánica / Eléctrica
 - Equipos redundantes: Transformadores, bombas (bastidor común)
- Operacional
 - Equipos redundantes: bastidores RO, trenes UF, módulos FAL
- ¿Disponibilidad de la impulsión? → mayor, pero afecta a disponibilidad total
- Análisis estadístico:
 - Principales fallas
 - Bombas
 - Aceros
 - Incrustación agua de mar

5. COSTO TOTAL DE LARGO PLAZO

5.3 \$/m³ ¿QUÉ NOS DICE?

COSTOS SEGÚN AMPLIACIÓN DE PLANTA



Ejemplo caso estudio realizado por ITECK

GRACIAS!!