Adaptación de la configuración de membranas en plantas desaladoras de agua de mar para atender los nuevos requisitos de boro del RD 3/23 de aguas de consumo humano

Desalación sostenible: Innovación a través del Proyecto E5DES.

Baltasar Peñate Suárez, ITC

Presentación de resultados del proyecto E5DES

28/11/2023

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

EUROPEAN UNION

HITOS PRINCIPALES ITC ALCANZADOS EN E5DES

I+D+i en el uso intrínseco de energías renovables a la desalación

- Pilotaje concepto PVRO 24/365
- Aplicación de RO para energías marinas

I+D+i en calidad de aguas desaladas, pretratamientos y vertido de salmueras

- Caracterización F-Q de aguas desaladas y salmueras. Estudio de presencia de productos químicos en salmuera
- Estudio completo de *biofouling* (EPS) en membranas y posibles pretratamientos para toma abierta
- Curso limpieza química de membranas
- Postratamiento en Porto Santo (Madeira)
- Adaptación al RD 3/23 aguas de consumo humano

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

HITOS ITC ALCANZADOS EN E5DES

Economía circular asociada a la desalación

- Caracterización F-Q de salmueras de Canarias (20 desaladoras)
- Estudio completo de prospectiva de valorización
- Acercamiento a soluciones pre-mercado
- Participación en eventos de alto impacto

Tecnologías emergentes de desalación

- Wiki tecnologías emergentes (desalinationlab.com) (ULPGC)
- Caracterización de la tecnología FO en terciarios de desalación (ULPGC)

HITOS ITC ALCANZADOS EN E5DES

Actuaciones de cara al incremento de la visibilidad, mejora de las capacidades tecnológicas y científicas de investigación de la Plataforma DESAL+ LIVING LAB y captación de nuevos proyectos

- Plantas piloto OI/EDR en Mauritania y Senegal
- Congreso internacional EDS – Junio 2022
- Cursos/workshops internacionales

Apoyo a la I+D de centros de investigación, emprendedores y pymes de base tecnológica en materia de desalación de agua y el nexo agua-energía (startups)

- 10 propuestas de nuevos proyectos
- 18 acuerdos/NDA de investigación aplicada con empresa privada
- Estudios de cumplimiento de políticas y estrategias europeas

Cambios en el RD 3/23 en relación a la calidad del agua desalada producida.

- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro nos presenta un **nuevo escenario legislativo** en el ámbito del agua de consumo humano.

BOE

LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

Cambios en el RD 3/23 en relación a la calidad del agua desalada producida.

En esta tabla 2, en la parte B del Anexo I de parámetros y valores paramétricos del RD 3/2023, se muestra que el límite de Boro es de **1,5 mg/L**, si bien:

"Se aplicará un valor paramétrico de **2,4 mg/L** cuando en el origen total del agua sea de transición o costera y el tratamiento de potabilización sea de desalación".

Se usan los valores de 1,5 y 2,4 mg/L para este caso de estudio.

Parte B. Parámetros químicos

Tabla 2. Valores paramétricos de los parámetros químicos.

	Parámetro	Valor Paramétrico	Unidad	Nota
5	Acrilamida (CAS 79-06-01).	0,10	µg/L	1
6	Antimonio.	10	µg/L	
7	Arsénico.	10	µg/L	
8	Benceno (CAS 71-43-2).	1,0	µg/L	
9	Benzo(a)pireno (CAS 50-32-8).	0,010	µg/L	
10	Bisfenol a (CAS 80-05-7).	2,5	µg/L	
11	Boro.	1,5	mg/L	2
12	Bromato.	10	µg/L	
13	Cadmio.	5,0	µg/L	
14	Cianuro total.	50	µg/L	
15	Clorato.	0,25	mg/L	3

Cambios importantes RD 3/23 en relación a la calidad de aguas que afecten al diseño de un tren.

En esta tabla 3, en la parte C del Anexo I de parámetros y valores paramétricos del RD 3/2023, se muestra el límite de cloruros en el permeado que es de 250 mg/L y de la conductividad de 2500 uS/cm a 20ºC.

En esta misma tabla 3, en la fila 54 se indica que la turbidez debe ser inferior a 4 UNF (NTU), y en la nota 8 se comenta lo siguiente:

“Para garantizar la eficacia de la desinfección se recomienda que durante 30 minutos se mantengan unos niveles de cloro libre residual de al menos 0,5 mg/L con un pH inferior a 8,0 y como máximo, una turbidez de 1 UNF (NTU)”.

Parte C. Parámetros indicadores de calidad

Tabla 3. Valores paramétricos de los indicadores de calidad.

	Parámetro	Valor Paramétrico	Unidad	Nota
38	Bacterias coliformes.	0	UFC o NMP / 100 ml	1
39	Recuento de colonias a 22 ºC.	100	UFC / 1 ml	2
40	Colífagos somáticos.	0	UFP / 100 ml	3
41	Aluminio.	200	µg/L	4
42	Amonio.	0,50	mg/L	5
43	Carbono Orgánico total.	5,0	mg/L	6
44	Cloro combinado residual.	2,0	mg/L	7
45	Cloro libre residual.	1,0	mg/L	8
46	Cloruro.	250	mg/L	9
47	Conductividad.	2500	µS/cm a 20 ºC	10

Membranas de mercado, tipos y características: Alto rechazo

Standard SWRO

TM800M

Type	Diameter Inch	Membrane Area $ft^2(m^2)$	Salt Rejection %	Product Flow Rate $gpd(m^3/d)$	Feed Spacer Thickness mil
TM820M-400	8"	400(37)	99.8	7,000(26.5)	34
TM820M-440	8"	440(41)	99.8	7,700(29.2)	28

1. Membrane Type		Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25℃) 32,000 mg/l NaCl 8% 7
3. Minimum Salt Rejection		99.5%
4. Minimum Product Flow Rate		5,600gpd(21.2m³/d)(TM820M-400) 6,200gpd(23.5m³/d)(TM820M-440)
5. Boron Rejection (typical value)		95% at pH 8 (5mg/l Boron added to Feed water)

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

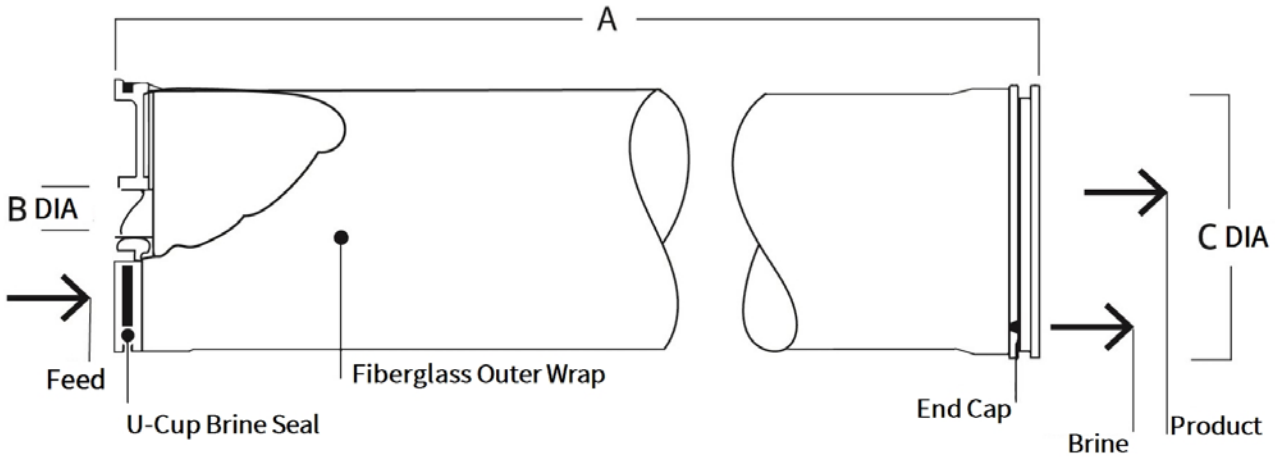
Membranas de mercado, tipos y características: Alto rechazo

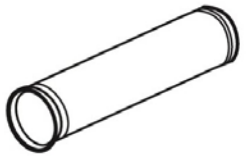
Typical Properties

FilmTec™ Element	Active Area (ft^2)	Active Area (m^2)	Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flowrate (gpd)	Permeate Flowrate (m^3/d)	Stabilized Boron Rejection (%)	Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
SW30HRLE-440	440	41	28	8,000	30.2	92	99.80	99.65

1. The above benchmark values are based on the following test conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Permeate flows for individual elements may vary ± 15%.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.

Element Dimensions





FilmTec™ supplies coupler part number 313198 with each element.
Each coupler includes two 3-912 EPR O-rings (part number 151705).

FilmTec™ SW30HRLE-440 Dimensions – inches (mm)	
A	40.0 (1,016)
B	1.125 ID (29 ID)
C	7.9 (201)

ID - Inner Diameter
DIA - Diameter

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

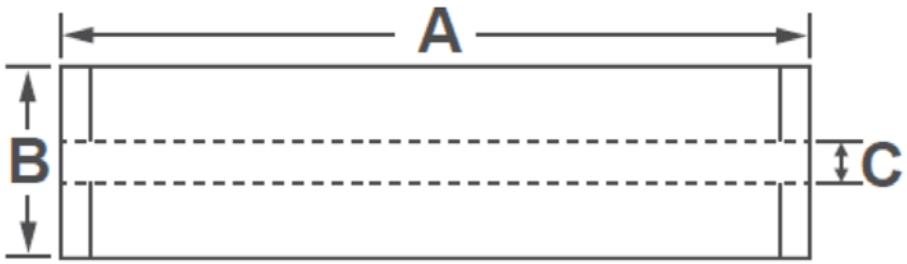
Membranas de mercado, tipos y características: Alto rechazo

LG SW GR (Great Rejection) membranes offer a combination of high rejection and low energy requirements to reduce the total cost of desalination; suitable for high salinity seawater applications.

Product Specifications

Active Membrane Area, ft² (m²)	Permeate Flow Rate, GPD (m³/d)	Stabilized Salt Rejection, %	Minimum Salt Rejection, %	Boron Rejection, %	Feed Spacer, mil
440 (41)	8,250 (31.2)	99.85	99.7	93	28

Test Conditions : 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron at 25°C (77°F), 800 psi (55 bar), pH 8, Recovery 8%.
Permeate flows for individual elements may vary +/-15%.



A, mm (in.)	B, mm (in.)	C, mm (in.)	Weight, kg (lbs.)
1,016 (40)	200 (7.9)	28.6 (1.125)	16 (35)

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

Membranas de mercado, tipos y características: Bajo consumo energía

Low energy SWRO

TM800V

Type	Diameter Inch	Membrane Area $ft^2(m^2)$	Salt Rejection %	Product Flow Rate $gpd(m^3/d)$	Feed Spacer Thickness mil
TM810V	4”	87(8)	99.8	1,900(7.2)	28
TM820V-400	8”	400(37)	99.8	9,000(34.1)	34
TM820V-440	8”	440(41)	99.8	9,900(37.5)	28

1. Membrane Type		Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25°C) 32,000 mg/l Nacl 8% 7
3. Minimum Salt Rejection		99.5%
4. Minimum Product Flow Rate		1,550gpd(5.9m^3/d)(TM810V) 7,500gpd(28.4m^3/d)(TM820V-400) 8,250gpd(31.2m^3/d)(TM820V-440)
5. Boron Rejection (typical value)		92% at pH 8 (5mg/l Boron added to Feed water)

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

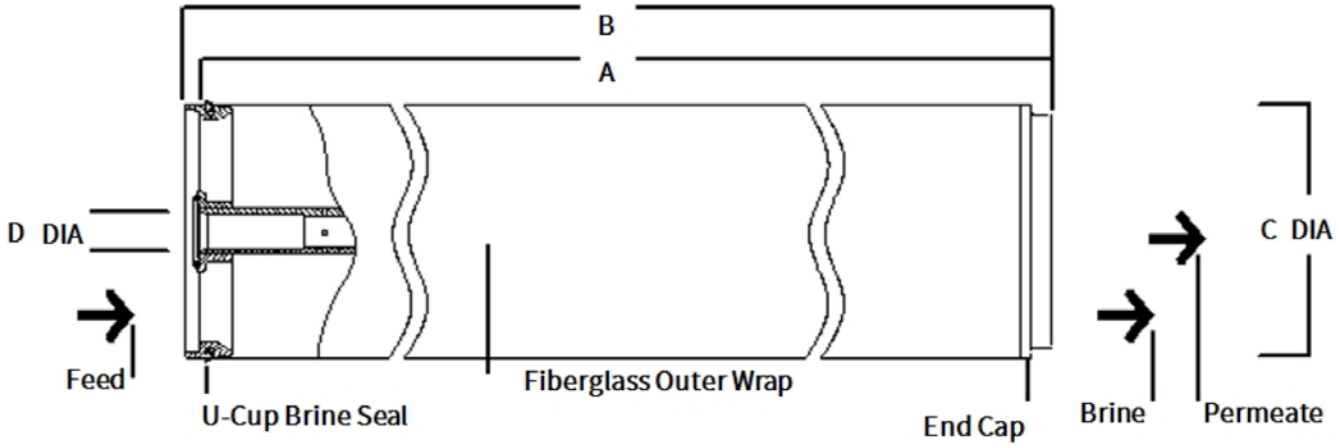
Membranas de mercado, tipos y características: Bajo consumo energía

Typical Properties

FilmTec™ Element	Active Area (ft²)	Active Area (m²)	Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flowrate (gpd)	Permeate Flowrate (m³/d)	Stabilized Boron Rejection (%)	Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
SW30XLE-440i	440	41	28	9,900	37.4	91.5	99.8	99.6

1. The above benchmark values are based on the following test conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Permeate flows for individual elements may vary ± 15%.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.

Element Dimensions



FilmTec™ SW30XLE-440i Dimensions – inches (mm)	
A	40.0 (1,016)
B	40.5 (1,029)
C	7.9 (201)
D	1.125 ID (29 ID)

ID - Inner Diameter
DIA - Diameter

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

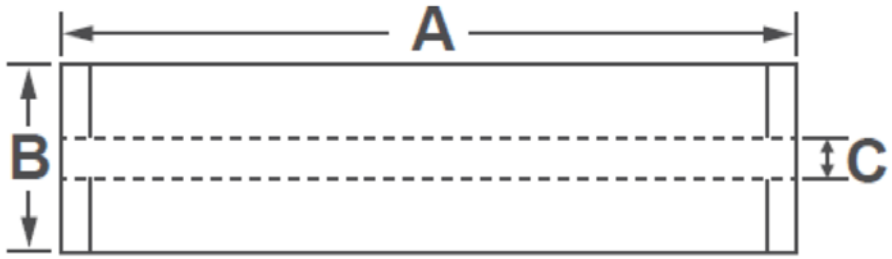
Membranas de mercado, tipos y características: Bajo consumo energía

LG SW R (High Rejection) membranes offer a combination of high rejection and low energy requirements to reduce the total cost of desalination; suitable for medium to high salinity seawater applications.

Product Specifications

Active Membrane Area, ft² (m²)	Permeate Flow Rate, GPD (m³/d)	Stabilized Salt Rejection, %	Minimum Salt Rejection, %	Boron Rejection, %	Feed Spacer, mil
440 (41)	9,900 (37.5)	99.85	99.7	93	28

Test Conditions : 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron at 25°C (77°F), 800 psi (55 bar), pH 8, Recovery 8%.
Permeate flows for individual elements may vary +/-15%.



A, mm (in.)	B, mm (in.)	C, mm (in.)	Weight, kg (lbs.)
1,016 (40)	200 (7.9)	28.6 (1.125)	16 (35)

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB
MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg Fondo Europeo de Desarrollo Regional EUROPEAN UNION

Membranas de mercado, tipos y características: Ultra bajo consumo

Product Specifications	Unit	TSW-400LE		TSW-440LE	
Membrane Area	ft^2 (m^2)	400 (37)		440 (41)	
Feed spacer thickness	mil	34		28	
Feed water pressure	psi (MPa)	600 (4.14)	800 (5.52)*	600 (4.14)	800 (5.52)*
Nominal Salt Rejection	%	99.6	99.8	99.6	99.8
Min. Salt Rejection	%	99.3	99.6	99.3	99.6
Product Flow Rate	gpd (m^3/d)	6,100 (23.0)	12,100 (45.8)	6,700 (25.3)	13,000 (49.2)
Min. Product Flow Rate	gpd (m^3/d)	5,200 (19.6)	10,300 (39.0)	5,700 (21.5)	11,000 (41.8)

*Referential performance at 800 psi (5.52 MPa)

Test Conditions: Feed water temperature 77 °F (25°C); Feed water concentration 32,000 mg/L as NaCl; Recovery rate 8%; Feed water pH 7

Typical Boron Rejection: 84% at pH 8 (5 mg/L Boron added to feed water); 90% at pH 8 (5 mg/L Boron added to feed water)*

Membranas de mercado, tipos y características: Ultra bajo consumo

Typical Properties of Standard Test performed at 600 psi (4.1 MPa)

FilmTec™ Element	Active Area (ft^2)	Active Area (m^2)	Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flowrate (gpd)	Permeate Flowrate (m^3/d)	Stabilized Boron Rejection(%)	Stabilized Salt Rejection(%)	Minimum Salt Rejection (%)
Seamaxx™-440	440	41	28	9,050	34.2	81.8	99.47	99.25

1. The above benchmark values are based on the following test conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 600 psi (4.1 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Permeate flows for individual elements may vary ± 15%.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.

Expected Properties and Performance at Common Standard Test Conditions: 800 psi (5.5 MPa)

FilmTec™ Element	Active Area (ft^2)	Active Area (m^2)	Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flowrate (gpd)	Permeate Flowrate (m^3/d)	Stabilized Boron Rejection (%)	Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
Seamaxx™-440	440	41	28	17,000	64.4	89	99.70	99.58

1. The above values are normalized from the 600-psi specification standard test to the following conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery. Due to the very high permeability of FilmTec™ Seamaxx™-440 Elements, they are not tested at the typical feed pressure for standard test conditions of 800 psi, but at a lower feed pressure of 600 psi. This allows to standard test the element within its operating guidelines.
2. Permeate flows for individual elements may vary ± 15%.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.

Membranas de mercado, tipos y características: Ultra bajo consumo

LG SW ES (Energy Saving) membranes offer significant energy savings while producing good water quality; suitable for low to medium salinity seawater applications.

Product Specifications at 600 psi

Active Membrane Area, ft² (m²)	Permeate Flow Rate, GPD (m³/d)	Stabilized Salt Rejection, %	Minimum Salt Rejection, %	Boron Rejection, %	Feed Spacer, mil
440 (41)	7,480 (28.3)	99.6	99.3	81	28

Test Conditions : 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron at 25°C (77°F), 600 psi (41 bar), pH 8, Recovery 8%.
Permeate flows for individual elements may vary +/-20%.

Referential Product Specifications at 800 psi

Active Membrane Area, ft² (m²)	Permeate Flow Rate, GPD (m³/d)	Stabilized Salt Rejection, %	Minimum Salt Rejection, %	Boron Rejection, %	Feed Spacer, mil
440 (41)	15,070 (57.0)	99.8	99.6	89	28

Test Conditions : 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron at 25°C (77°F), 800 psi (55 bar), pH 8, Recovery 8%.
Permeate flows for individual elements may vary +/-15%.

Hipótesis de partida para las simulaciones de bastidor: situación 2022 - membrana de alto rechazo.

Con membranas de agua de mar de alto rechazo: al arranque, 3 años (garantía estándar) y 5 años de funcionamiento (vida útil media), y en un rango de temperaturas de 19ºC a 25ºC, siendo la temperatura media 22ºC.

Conversión del 45% (habitual) y del 40%, al igual que con flujos medios de permeado de 16 Lmh (máximo en tomas de pozo) hasta un mínimo de 12 Lmh.

HCO3	mg/L	146.4	149.7	264.8	1.143
Cl	mg/L	20'834	21'320	37'793	104.0
SO4	mg/L	3'011	3'081	5'470	4.792
NO3	mg/L	1.820	1.862	3.296	0.0157
F	mg/L	2.420	2.476	4.383	0.0209
Br	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
B (Boro)	mg/L	5.110	5.215	8.790	0.642
SiO2	mg/L	1.390	1.422	2.519	0.0104
PO4	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
CO3	mg/L	3.590	3.718	10.666	5.92E-05
CO2	mg/L	1.735	1.765	2.282	1.984
TDS	mg/L	37'887	38'770	68'737	180.3
EC @25C / @22.00C	uS	54'659 / 51'167	55'658 / 52'105	88'942 / 83'348	372.0 / 346.3
pH	pH	7.970	7.971	8.083	5.974
Presión osmótica (DS1 / Pitzer)	bar	27.592 / 26.95	28.222 / 27.60	49.458 / 50.60	0.146 / 0.15
LSI / SDSI		0.94 / 0.01	0.97 / 0.02	1.86 / 0.53	-5.58 / -5.75

Presión de trabajo de (22 ºC): 60,43 bar - SEC 2,3 kWh/m³

Caso más desfavorable (19ºC) : 67,11 bar - SEC 2,6 kWh/m³.

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial
Interreg
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
EUROPEAN UNION

1er caso: Seguir usando membranas de alto rechazo

Bajar el flujo medio de trabajo a un mínimo de 12 Lmh y bajar la conversión a 40%.

A 3 años y 22ºC de temperatura media mejoramos los resultados bajando el consumo energético con una calidad de aguas que cumple el RD3/2023.

Se reduce presión de trabajo con 6 bar menos (**54,28 bar**) y un SEC dos décimas inferior de **2,1 kWh/m³**.

Nota: En este caso, al bajar la conversión, aumenta el caudal de salmuera y de alimentación para mantener el mismo caudal de permeado.

HCO3	mg/L	146.4	149.4	243.0	1.292
Cl	mg/L	20'834	21'266	34'642	119.5
SO4	mg/L	3'011	3'074	5'014	5.505
NO3	mg/L	1.820	1.858	3.021	0.0181
F	mg/L	2.420	2.470	4.017	0.024
Br	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
B (Boro)	mg/L	5.110	5.202	8.050	0.735
SiO2	mg/L	1.390	1.419	2.309	0.0122
PO4	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
CO3	mg/L	3.590	3.705	9.465	8.09E-05
CO2	mg/L	1.735	1.761	2.113	1.880
TDS	mg/L	37'887	38'672	63'007	207.1
EC @25C / @22.00C	uS	54'659 / 51'168	55'547 / 52'001	82'815 / 77'594	425.9 / 396.5
pH	pH	7.970	7.971	8.083	6.049
Presión osmótica (DS1 / Pitzer)	bar	27.592 / 26.95	28.152 / 27.53	45.415 / 46.04	0.168 / 0.17
LSI / SDSI		0.94 / 0.01	0.97 / 0.02	1.73 / 0.46	-5.39 / -5.55

2er caso: Reemplazo a membranas de bajo consumo

3 años, temperatura media 22ºC, 40% de conversión y 12 Lmh.

Se alcanza una presión de trabajo con 9 bar menos (51,42 bar) y un SEC tres décimas inferior 2,0 kWh/m^3 de agua producida.

El escenario más desfavorable en cuanto a calidad de aguas es a 25ºC, 40%, 12 Lmh y 5 años, también cumple los nuevos requisitos de RD 3/2023 (203 mg/l Cl; si bien **1,66 mg/l B).**

HCO3	mg/L	146.4	149.3	242.9	1.738
Cl	mg/L	20'834	21'265	34'621	151.6
SO4	mg/L	3'011	3'074	5'013	6.985
NO3	mg/L	1.820	1.857	3.018	0.0229
F	mg/L	2.420	2.470	4.013	0.0305
Br	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
B (Boro)	mg/L	5.110	5.190	7.679	1.319
SiO2	mg/L	1.390	1.419	2.309	0.0121
PO4	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
CO3	mg/L	3.590	3.705	9.456	0.0001
CO2	mg/L	1.735	1.761	2.111	1.885
TDS	mg/L	37'887	38'671	62'970	263.2
EC @25C / @22.00C	uS	54'659 / 51'168	55'545 / 51'999	82'774 / 77'555	537.1 / 500.2
pH	pH	7.970	7.971	8.083	6.173
Presión osmótica (DS1 / Pitzer)	bar	27.592 / 26.95	28.151 / 27.52	45.387 / 46.01	0.214 / 0.21
LSI / SDSI		0.94 / 0.01	0.97 / 0.02	1.72 / 0.46	-5.04 / -5.19

3er caso: Reemplazo a membranas de ultra bajo consumo

Caso intermedio habitual con el objeto de ahorrar energía para una edad media 3 años, temperatura media 22ºC, 40% de conversión y 12 Lmh.

Se alcanza una presión de trabajo con 11 bar menos (49,07 bar) y un SEC tres décimas inferior de 1,9 kWh/m^3 de agua producida **(Nota: 1,8 mg/l B).**

En el escenario más desfavorable en cuanto a calidad de aguas a **25ºC, 40%, 12 Lmh y 5 años**, ya no cumple los nuevos requisitos de RD 3/2023.

El cloruro no estaría por debajo de 250 mg/L, 2,2 mg/l B.

HCO3	mg/L	146.4	149.3	242.5	2.514
Cl	mg/L	20'835	21'264	34'572	226.4
SO4	mg/L	3'011	3'073	5'010	10.437
NO3	mg/L	1.820	1.857	3.011	0.0342
F	mg/L	2.420	2.469	4.003	0.0455
Br	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
B (Boro)	mg/L	5.110	5.180	7.357	1.828
SiO2	mg/L	1.390	1.419	2.308	0.012
PO4	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0
CO3	mg/L	3.590	3.704	9.545	0.0003
CO2	mg/L	1.735	1.760	2.084	1.892
TDS	mg/L	37'888	38'669	62'885	392.8
EC @25C / @22.00C	uS	54'660 / 51'168	55'543 / 51'997	82'678 / 77'465	793.4 / 739.0
pH	pH	7.970	7.971	8.088	6.326
Presión osmótica (DS1 / Pitzer)	bar	27.592 / 26.95	28.149 / 27.52	45.324 / 45.94	0.318 / 0.31
LSI / SDSI		0.94 / 0.01	0.97 / 0.02	1.73 / 0.46	-4.58 / -4.71

Conclusiones preliminares

Propuestas de configuración de membranas para optimizar el consumo energético y calidad de agua acorde al RD 3/2023

Configuraciones **NO híbridas** (5 años, 25ºC, 40% y 12 Lmh). **B: 1,5 mg/l máx**

Fabricante	Configuración	Cloruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Presión (bar)	Temperatura (ºC)	Consumo energético (kWh/m3)
Dupont	7 x SW30XLE-440	148,80	1,28	518,00	51,80	25	2,03
Hydranautics	7 x SWC4	131,32	1,09	464,48	57,90	25	2,13
LG	7 x SW440R	150,16	1,20	527,66	53,26	25	2,08
Toray	7 x TM820M-440	160,70	0,97	568,4	53,62	25	2,09

Conclusiones preliminares

Propuestas de configuración de membranas para optimizar el consumo energético y calidad de agua acorde al RD 3/2023

Configuraciones **NO híbridas** (5 años, 25ºC, 40% y 12 Lmh). **B: 2,4 mg/l máx**

Fabricante	Configuración	Cloruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Presión (bar)	Temperatura (ºC)	Consumo energético (kWh/m3)
Dupont	7 x SW30XLE-440	148,80	1,28	518,00	51,80	25	2,03
Hydranautics	7 x SWC5	184,50	1,77	648,33	53,40	25	2,09
LG	7 x SW440R	150,16	1,20	527,66	53,26	25	2,08
Toray	7 x TM820V-440	203,90	1,66	716,50	50,91	25	1,99

Conclusiones preliminares

Propuestas de configuración de membranas para optimizar el consumo energético y calidad de agua acorde al RD 3/2023

Configuraciones **híbridas** (5 años, 25ºC, 40% y 12 Lmh). **B: 1,5 mg/l máx.**

Fabricante	Configuración	Cloruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Presión (bar)	Temperatura (ºC)	Consumo energético (kWh/m3)
Dupont	5 x SW30XLE-440 + 2 x Seamaxx-440	223,10	1,52	770,00	50,00	25	1,96
Hydranautics	3 x SWC4 + 4 x SWC5	161,61	1,50	569,05	54,30	25	2,13
LG	5 x SW440R + 2 x SW440ES	221,15	1,50	763,27	51,82	25	2,03
Toray	2 x TM820M-440 + 5 x TM820V-440	191,70	1,48	675,0	51,61	25	2,01

Conclusiones preliminares

Propuestas de configuración de membranas para optimizar el consumo energético y calidad de agua acorde al RD 3/2023

Configuraciones **híbridas** (5 años, 25ºC, 40% y 12 Lmh) **B: 2,4 mg/l máx.**

Fabricante	Configuración	Cloruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Presión (bar)	Temperatura (ºC)	Consumo energético (kWh/m3)
Dupont	4 x SW30XLE-440 + 3 x Seamaxx-440	223,10	1,52	770,00	50,00	25	1,96
Hydranautics	1 x SWC5 + 6 x SWC6	203,04	1,99	702,01	53,00	25	2,08
LG	5 x SW440R + 2 x SW440ES	221,15	1,50	763,27	51,82	25	2,03
Toray	4 x TM820V-440 + 3 x TSW-440LE	249,00	1,89	870,90	49,82	25	1,95

Conclusiones preliminares

Propuestas de configuración de membranas para incrementar producción y hacer cumplir el RD 3/2023

Configuraciones **híbridas y no híbridas** (5 años, 25ºC, 45% y 16 Lmh). **Aumentado la producción hasta llegar a 16 Lmh para valores límites de Boro 1,5 y 2,4 mg/L.**

Configuración	Cloruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Presión (bar)	Temperatura (ºC)	Conversión (%)	Caudal de Permado (m3/día)	Edad (años)	Consumo energético (kWh/m3)
7 x TSW-440LE	245,3	1,91	858,2	54,12	25	45	6590	4	2,07
6 x TM820V-440 + 1 x TSW-440LE	177,3	1,47	625,6	56,72	25	45	6590	4	2,16
7 x TSW-440LE	177,0	1,49	624,5	56,04	19	45	6590	4	2,14
6 x TM820V-440 + 1 x TSW-440LE	128,6	1,12	457,4	59,45	19	45	6590	4	2,27

Conclusiones

- Es posible alcanzar niveles de B inferiores a 1,5 o 2,4 mg/l a la vez que se cumple el RD3/23 y se consigue eficiencia energética o se incrementa producción (diseños híbridos y no híbridos).

- Sin reemplazar membranas, manteniendo el modelo actual de alto rechazo en las desaladoras de agua de mar de Canarias, es posible trabajar a menor flujo medio de permeado (mínimo 12 Lmh) y conversión del 40% reduciendo la presión de entrada 6 bar bajando el consumo específico a 2,1 kWh/m^3 (B: 0,7 mg/l).

- Reemplazando por membranas de bajo consumo, en ese mismo escenario medio de trabajo, puede suponer una reducción de 9 bar bajando el consumo a 2,0 kWh/m^3 (B: 0,97- 1,77 mg/l).

- Reemplazando por membranas de ultra bajo consumo, se reduce presión hasta 11 bar, bajando el consumo a 1,9 kWh/m^3. No siempre se cumplen estar por debajo de los 250 mg/L de cloruros (B: 1,49 – 1,91 mg/l).

- Es decisión del operador de la planta decantarse por una membrana u otra, configuración híbrida o no. Influye la robustez de la misma frente a limpiezas químicas, pretratamiento, vida útil y precio. En cualquier caso las reducciones de presión de trabajo hacer amortizable la inversión (2-3 años para bastidores completos).

DESAL+ DESALINATION LIVING LAB

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

EUROPEAN UNION

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Gobierno de Canarias

ULPGC

Universidad de La Laguna

PLOCAN Plataforma Oceánica de Canarias

Gobierno de Canarias
Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento
Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información

aream

AIRCENTRE

UNIVERSITE ASSANE SECK ZIGUINCHOR

U.N

UNIVERSIDADE CABO VERDE uni