



Conceptos Básicos

Resumen

Recuperación: $\gamma = (Q_p / Q_A) * 100 \%$

Concentrado/Salmuera: $R = (Q_R / Q_A) * 100 = 100 - \gamma \%$

Paso de sales: $PS = (C_p / C_A) * 100 \%$

Rechazo de sales: $RS = 100 - PS \%$

Factor de Concentración: $FC = (C_R / C_A) \approx 100 / (100 - \gamma)$

Q_p = Caudal de Permeado

Q_A = Caudal de Alimentación

Q_R = Caudal de Rechazo

C_p = Concentración Permeado

C_A = Concentración Alimentación

C_R = Concentración Rechazo

γ = % Recuperación

R = % Concentrado/Salmuera

PS = % Paso de Sales

RS = % Rechazo de Sales

FC = factor de Concentración

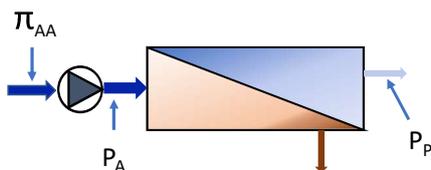
- Permeado: Caudal de agua procesada por las membranas.
- Rechazo (Concentrado): Cantidad de agua que no logra atravesar las membranas, conteniendo la mayor parte de los SDT del agua de alimentación.
- Bastidor: Unidad básica de Osmosis Inversa conteniendo membranas, sus envases, bomba de alta presión y demás equipos auxiliares, de monitoreo y control.
- Etapa: Grupo(s) de bastidores que alimentan con su caudal de rechazo/concentrado/salmuera a otro(s) grupo(s) de bastidores.
- Paso: Grupo(s) de bastidores que alimentan con su caudal de permeado a otro(s) grupo(s) de bastidores.



Conceptos Avanzados

Presión Neta Impulsora (NDP): Es la cantidad de presión aplicada a la membrana.

$NDP = \text{Presión de Alimentación (bar)} - \text{Presión del Permeado (bar)} - \pi \text{ de Agua de Alimentación (bar)}$



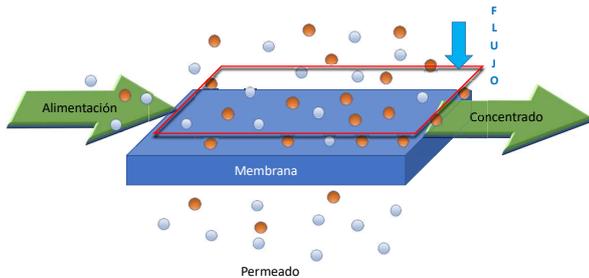
$$NDP = P_A - P_P - \pi_{AA} = \Delta P - \pi_{AA}$$

- Como regla general cada 100 ppm de Total de Sólidos Disueltos genera 1 psi (0,07 bar) de presión.
- NDP es uno de los parámetros críticos a monitorear y controlar en la operación de una planta de OI



Conceptos Avanzados

Flujo de permeado (Flux): Cantidad de permeado producido por área de membrana, expresado como lbs/hr/m^2 (lmh) ó gal/día/ft^2 (gfd)



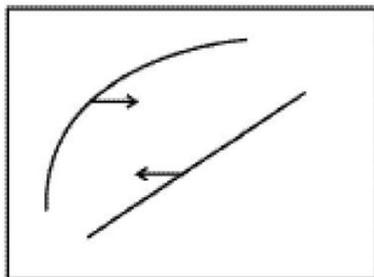
- Parámetro crítico para el desempeño de la unidad de OI
- Es específico para cada modelo de membrana (11 – 43 lmh)
- Depende de la temperatura y NDP



Conceptos Avanzados

Factores de Desempeño

Flujo de Permeado

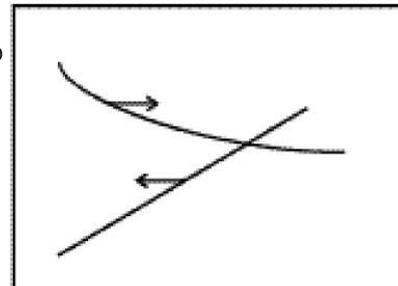


Presión →

Desempeño vs Presión

Rechazo de Sales

Flujo de Permeado



Temperatura →

Desempeño vs Temperatura

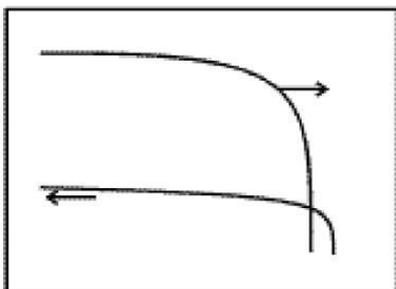
Rechazo de Sales



Conceptos Avanzados

Factores de Desempeño

Flujo de Permeado

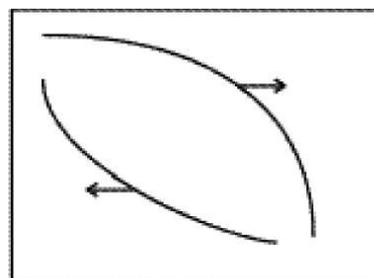


Rechazo de Sales

Recuperación →

Desempeño vs Recuperación

Flujo de Permeado



Rechazo de Sales

Concentración de Alimentación →

Desempeño vs SDT en Alimentación

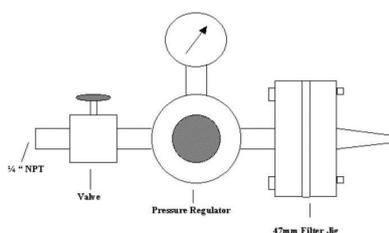


Conceptos Avanzados

SDI (Índice de Densidad de Limo): Medida de la tasa a la cual se taponan un filtro de membrana de $0,45 \mu$. Este es un método que permite predecir la tasa de ensuciamiento de las membranas en operación.



En línea



Manual

$$SDI_T = \frac{[1 - (t_i/t_f)] * 100}{T}$$

T: Tiempo del ensayo (15 min)

 t_i : Tiempo inicial requerido para recolectar 500 ml (seg) t_f : Tiempo final requerido para recolectar 500 ml (seg)

P: 2,07 bar



Conceptos Avanzados

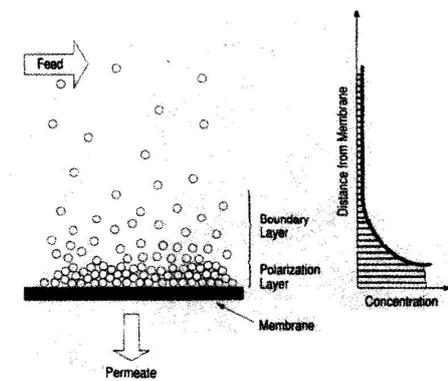
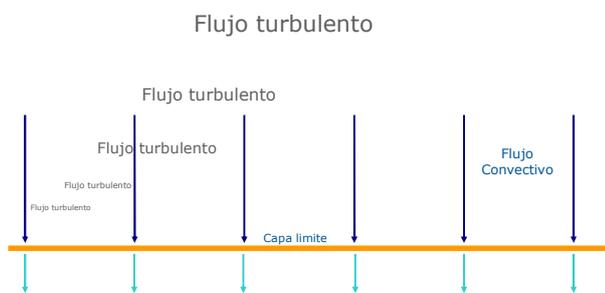
SDI:

- Mide el potencial de ensuciamiento del agua de la Alimentación.
- No tiene unidades, diseñado como un número de tendencia.
- Puede variar de un sistema a uno, y de analista a analista.
- Se puede tomar en todos los puntos del pre-tratamiento, pero para el control de la membrana, tomarlo después de los filtros de cartucho.
- Los fabricantes de membranas exigen operarlas con valores de $SDI_{15} < 5$, preferiblemente < 3 .



Conceptos Avanzados

Polarización por Concentración





Conceptos Avanzados

Factor β

El factor β es una relación de la concentración de TDS en la capa límite de la superficie de la membrana a la concentración de TDS en el grueso de la solución.

Cuanto mayor sea el factor β , mayor será el gradiente de concentración de la superficie de las membranas a la solución en general, al igual que la probabilidad de que las membranas se ensucien e incrusten. Las mejores prácticas de diseño exigen que el factor β sea menor que 1,2 para todas las fuentes de agua de alimentación, excepto para el permeado de ósmosis inversa, donde se permite un β de 1,7.



Conceptos Avanzados

Coeficiente de Permeabilidad (A-value)

El coeficiente se define como la cantidad de agua producida por unidad de área de membrana cuando la Presión Neta Impulsor (NDP) es 1, su unidad de medida es l/mh/bar.

Ecuación de Permeado de membrana

Q_p : Caudal de Permeado

S: Superficie húmeda de la membrana

A: A-value

NDP: Presión Neta Impulsora

$$Q_p = A \times S \times (\Delta P - \pi_{AA}) = A \times S \times NDP$$

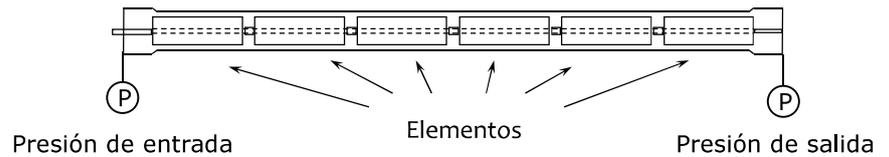


Conceptos Avanzados

- Parámetro crítico en la operación de una planta de OR
- Relación de flujo paralelo y cruzado siempre la correcta
- La película de membrana hace todo el trabajo y es sumamente fina
- El separador de permeado es muy delgado (0.6 – 0.8 mm)
- El flujo a través de la membrana es influenciado principalmente por la presión
- El paso de sales a través de la membrana depende principalmente de la concentración y temperatura

Caída de Presión

Vaso de Presión

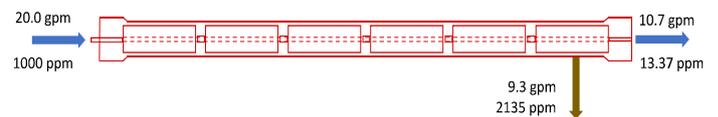
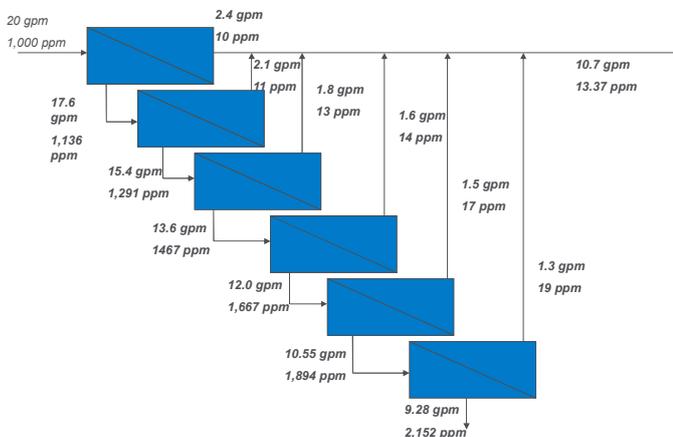


$$\Delta P = \text{Presión de entrada} - \text{Presión de salida} \leq 3.5 \text{ Bar}$$



Conceptos Avanzados

Dentro de un vaso de presión



Total

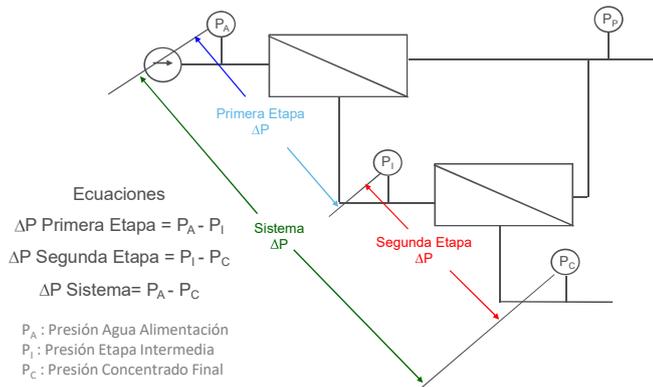
- 53,5% Recuperación
- 1.34 % Paso de Sales



Conceptos Avanzados

ΔP siempre es medida desde la Alimentación al Rechazo final

Factor crítico de monitoreo y control



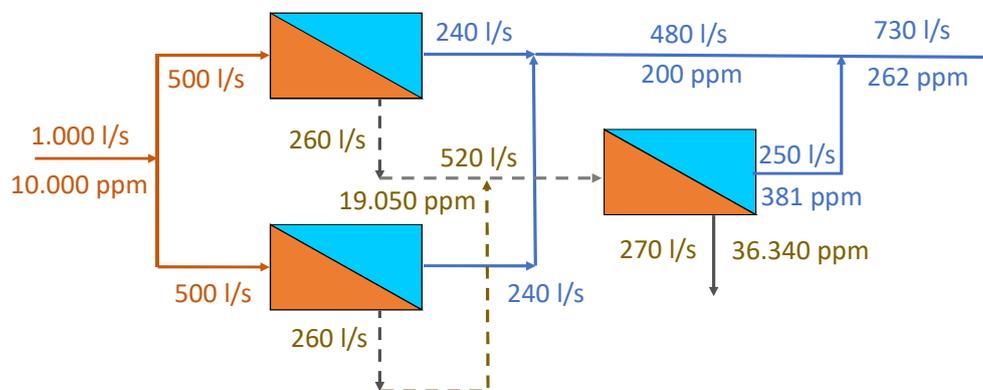
Sumamente importante

- Para membranas nuevas el ΔP suele ser del orden de 0,1 – 0,3 Bar
- Para un vaso de presión de 7 elementos un valor típico sería de 0,7 – 3,5 Bar
- El valor limite recomendado por elemento es de 1 Bar.



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Dos Etapas : Arreglo 2 : 1



Bastidor

- Recuperación : 48%
- Paso de Sales : 2,0%

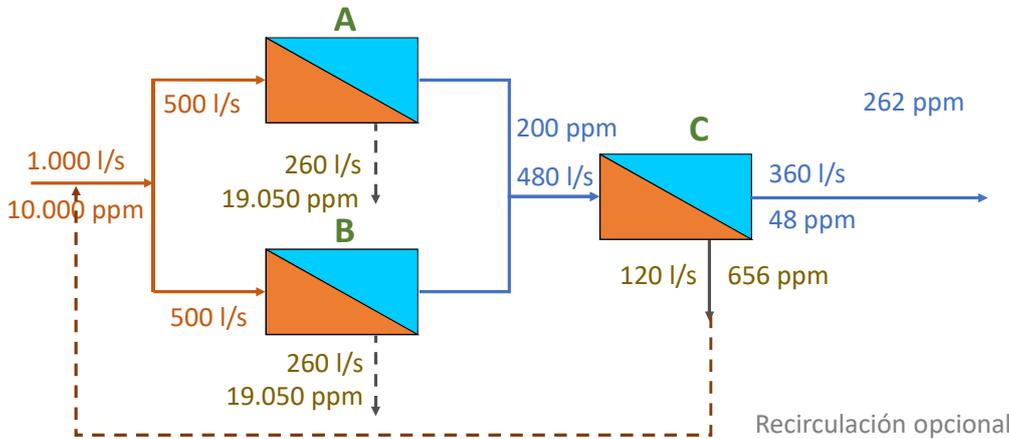
Arreglo

- Recuperación : 73%
- Paso de Sales : 2,6%



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Un Paso : Arreglo 2:1



Bastidores A y B

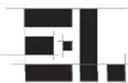
- Recuperación : 48%
- Paso de Sales : 2,0%

Bastidor C

- Recuperación : 75%
- Paso de Sales : 1,0%

Arreglo

- Recuperación : 36%
- Paso de Sales : 0,5%



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Table 3.4 Design guidelines for 8-inch FILMTEC elements in water treatment applications

Feed source	RO Permeate		Well Water		Surface Supply		Wastewater (Filtered Municipal Effluent)		Seawater			
	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	Well or MF ¹	Conventional	Well or MF ¹	Open intake		
Feed silt density index	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5		
Average system flux	21-25	16-20	13-17	12-16	10-14	8-12	8-12	8-12	13-20	7-10		
Maximum element recovery %	36-43	27-34	22-29	20-27	17-24	14-20	13-20	11-17				
	30	19	17	15	14	12	15	13				
Active Membrane Area		Maximum permeate flow rate, gpd (m³/d)										
320 ft ² elements	9,000 (34)	7,500 (28)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,300 (20)	4,700 (18)	6,700 (25)	6,100 (23)				
365 ft ² elements	10,000 (38)	8,300 (31)	7,200 (27)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,200 (20)						
380 ft ² elements	10,600 (40)	8,600 (33)	7,500 (28)	6,800 (26)	5,900 (22)	5,200 (20)	7,900 (30)	7,200 (27)				
390 ft ² elements	10,600 (40)	8,900 (34)	7,700 (29)	7,000 (26)	6,300 (24)	5,500 (21)						
400 ft ² elements	11,000 (42)	9,100 (34)	7,900 (30)	7,200 (27)	6,400 (24)	5,700 (22)						
440 ft ² elements	12,000 (45)	10,000 (38)	8,700 (33)	7,900 (30)	7,100 (27)	6,300 (24)						
Element type		Minimum concentrate flow rate², gpm (m³/h)										
BW elements (365 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)						
BW elements (400 ft ² and 440 ft ²)	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	20 (4.6)						
NF elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	18 (4.1)						
Full-fit elements	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)						
SW elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)	13 (3.0)	15 (3.4)				
Element type		Active area		Maximum feed flow rate², gpm (m³/h)								
		ft ² (m ²)										
BW elements	365 (33.9)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)						
BW or NF elements	400 (37.2)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)						
BW elements	440 (40.9)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)						
Full-fit elements	390 (36.2)	85 (19)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)						
SW elements	320 (29.7)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	63 (14)	56 (13)				
SW elements	380 (35.3)	72 (16)	72 (16)	70 (16)	64 (15)	58 (13)	58 (13)	70 (16)	62 (14)			

Aspectos críticos para diseño

- Calidad de agua de alimentación
- Cantidad de permeado requerido
- Calidad del permeado
- Costo de inversión
- Planes de expansión
- Costo de energía
- Costo de operación
- Requisitos ambientales



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Membrane Element		SWC5 MAX
Performance:	Permeate Flow: Salt Rejection: Boron Rejection (Typical):	9,900 gpd (37.5 m ³ /d) 99.8 % (99.7 % minimum) 92.0%*
Type	Configuration: Membrane Polymer: Membrane Active Area:	Spiral Wound Composite Polyamide 440 ft ² (40.8m ²)
Application Data*	Maximum Applied Pressure: Maximum Chlorine Concentration: Maximum Operating Temperature: pH Range, Continuous (Cleaning): Maximum Feedwater Turbidity: Maximum Feedwater SDI (15 mins): Maximum Feed Flow: Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element: Maximum Pressure Drop for Each Element:	1200 psig (8.27 MPa) < 0.1 PPM 113 °F (45 °C) 2-11 (1-13)* 1.0 NTU 5.0 75 GPM (17.0 m ³ /h) 5:1 15 psi

* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

32,000 ppm NaCl
800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure
77 °F (25 °C) Operating Temperature
10% Permeate Recovery
6.5 - 7.0 pH Range

Requisitos

- Agua de alimentación: Agua de mar
- Cond del agua de mar ($\mu\text{S/cm}$) : 50.000 $\mu\text{S/cm}$
- SDI < 3
- Caudal de permeado (Q_p) : 100 l/s = 360 M³/h
- Conductividad del permeado : 500 $\mu\text{S/cm}$
- Paso de sales : 1 %
- Flux (J): 16.5 l/mh
- Superficie Especifica (SE): 40.8 m²

$$\# \text{ M\u00f3dulos} = \frac{Q_p}{J \times SE} = 535$$



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Requisitos

- Agua de alimentación: Agua de mar
- Cond del agua de mar ($\mu\text{S/cm}$) : 50.000 $\mu\text{S/cm}$
- SDI < 3
- Caudal de permeado: 100 l/s
- Conductividad del permeado : 500 $\mu\text{S/cm}$
- Paso de sales : 1 %
- Flux: 16.5 l/mh
- Recuperación : 45%

$$\# \text{ M\u00f3dulos} = 535$$

$$\# \text{ Vasos de presi\u00f3n: } 77$$

Table 3.8 Number of stages of a seawater system

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)	Number of stages (7-element vessels)	Number of stages (8-element vessels)
35 - 40	6	1	1	—
45	7 - 12	2	1	1
50	8 - 12	2	2	1
55 - 60	12 - 14	2	2	—



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Table 3.9 Design equations for projecting RO system performance: individual element performance

Item	Equation	Equation Number
Permeate flow	$Q_i = A_i \bar{\pi}_i S_E (TCF) (FF) \left(P_p - \frac{\Delta P_{ic}}{2} - P_{pi} - \bar{\pi} + \pi_{pi} \right)$	10
Average concentrate-side osmotic pressure	$\bar{\pi}_i = \pi_{pi} \left(\frac{C_{ic}}{C_{fi}} \right) (pf_i)$	11
Average permeate-side osmotic pressure	$\bar{\pi}_{pi} = \pi_{pi} (1 - R_i)$	12
Ratio: arithmetic average concentrate-side to feed concentration for Element <i>i</i>	$\frac{C_{ic}}{C_{fi}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{C_{ic}}{C_{fi}} \right)$	13
Ratio: concentrate to feed concentration for Element <i>i</i>	$\frac{C_{ic}}{C_{fi}} = \frac{1 - Y_i (1 - R_i)}{(1 - Y_i)}$	14
Feed water osmotic pressure	$\pi_{fi} = 1.12 (273 + T) \sum m_i$	15
Temperature correction factor for RO and NF membrane	$TCF = \text{EXP} \left[2640 \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{273 + T} \right) \right]; T \geq 25^\circ\text{C}$ $TCF = \text{EXP} \left[3020 \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{273 + T} \right) \right]; T \leq 25^\circ\text{C}$	16a,b
Concentration polarization factor for FILMTEC 8-inch elements	$pf_i = \text{EXP} [0.7 Y_i]$	17
System recovery	$Y = 1 - [(1 - Y_1)(1 - Y_2) \dots (1 - Y_n)] = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Y_i)$	18
Permeate concentration	$C_{pi} = B(C_{ic}) (pf_i) (TCF) \frac{S_E}{Q}$	19

Ecuaciones de diseño para una Planta Desalinizadora

Cálculos por cada elemento

FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes



Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Table 3.10 Design equations for projecting RO system performance: system average performance

Item	Equation	Equation Number
Total permeate flow	$Q = N_E S_E \bar{A} \bar{\pi} (TCF) (FF) P_p - \frac{\Delta P_{ic}}{2} - \pi_{pi} \left[\frac{C_{ic}}{C_{fi}} \rho_f - (\bar{\pi} - \bar{R}) \right]$	20
Ratio: average concentrate-side to feed concentration for system	$\frac{C_{ic}}{C_{fi}} = \frac{-\bar{R} \ln(1 - Y/Y_i)}{Y - (1 - Y_i) \bar{R} \ln(1 - Y/Y_i) + (1 - \bar{R})}$	21
Limiting system recovery	$Y_i = 1 - \frac{\pi_{pi} (\bar{R})}{P_p - \Delta P_{ic} - P_{pi}}$	22
Approximate log-mean concentrate-side to feed concentration ratio for system	$\frac{C_{ic}}{C_{fi}} \bigg _{Y_i, \bar{R}-1} = \frac{\ln(1 - Y)}{Y}$	23
Average element recovery	$Y_i = 1 - (1 - Y)^{1/n}$	24
Average polarization factor	$\bar{pf} = \text{EXP} [0.7 \bar{Y}]$	25
Average concentrate-side osmotic pressure for system	$\bar{\pi} = \pi_{pi} \left(\frac{C_{ic}}{C_{fi}} \right) \bar{pf}$	26
Average concentrate-side system pressure drop for FILMTEC™ 8-inch elements; 2 stages	$\Delta P_{ic} = 0.04 q_{ic}^2$ $\Delta P_{ic} = \left[\frac{0.1(Q/1440)}{Y N_{m2}} \right] \left[\frac{1}{N_{mR}} + 1 - Y \right]$	27a,b,c
Individual FILMTEC 8-inch element, or single-stage concentrate-side pressure drop	$\Delta P_{ic} = 0.01 \ln \bar{\pi}_{ic}^{1.7}$	28a,b,c
FILMTEC membrane permeability as a function of average concentrate-side osmotic pressure	$\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.125; \bar{\pi} \leq 25$ $\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.125 - 0.01 \left(\frac{\bar{\pi} - 25}{35} \right); 25 \leq \bar{\pi} \leq 200$ $\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.070 - 0.000 (\bar{\pi} - 200); 200 \leq \bar{\pi} \leq 400$	28a,b,c
Permeate concentration	$C_{pi} = B C_{ic} \bar{pf} (TCF) \left(\frac{N_E S_E}{Q} \right)$	29

Ecuaciones de diseño para una Planta Desalinizadora

Cálculos para todo el sistema

FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes



ENGI-LEARN

Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

SOLVUNI

TORAY
Innovation by Chemistry
TORAY DS Software



FILMTEC™ Membranes
•WAVE Water Treatment Design Software

Herramientas Digitales

Nitto HYDRANAUTICS
Innovation for Customers



Q+ Projection Software

IMSDesign
INTEGRATED MEMBRANE SOLUTIONS

Desalinización

www.engi-learn.com

88



ENGI-LEARN

Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

SOLVUNI

Integrated Membranes Costless Design Software
Created on: 4/26/2022 12:32:18



Integrated Membranes Costless Design Software
Created on: 4/26/2022 12:32:18



Pressure Throttling (Variable), Pressure/Work Exchanger Page: 1/4

Project name: Calidad de Agua
 Calculated by: Luis A. Cuatrecasas
 HP Pump flow: 388.60 m3/h
 Feed pressure: 55.8 bar
 Feed temperature: 16.9 °C(62.4°F)
 Feed water pH: 8.10
 Chem dose, mg/L 50 %: 6.6 NaOCl
 Leakage: 1 %
 Volumetric mixing H.P. differential: 0.20 bar
 Boost pressure: 1.81 bar
 Specific energy: 2.02 kWh/m3
 Pass NCP: 15.8 bar
 Average flux rate: 14.2 l/m2

Permeate flow/turn: 384.40 m3/h
 Raw water flow/turn: 824.40 m3/h
 Permeate recovery: 46.00 %
 Element age: 0.0 years
 Flux decline, % per year: 5.0
 Fouling factor: 1.00
 SP increase, per year: 7.0 %

Feed type: Sea Surface MFUF

Pass	Elem #	Flow / Vessel	Flux	DP	Flux	Beta	Stagnation Pressure	Perm. TDS	Element Type	Element Qty	Elem #			
Stage	Flow	Feed	Conc.	Max	Min	Max	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar			
1-1	384.2	8.8	4.7	14.3	1.3	29	1.05	1.5	0	54.4	170.5	SWC5 MAX	658	84 x 7M

Raw Water	Blended Water	Feed Water	Water	Concentrate	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate
Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3	CO3	HCO3	SiO2	Cl-
4958.13	205.03	4958.13	4958.13	0.000	3080.4	8080.42	88.127	25.157	992.91	992.91

Saturations: Raw Water, Feed Water, Concentrate, Limes

Pressure Throttling (Variable), Pressure/Work Exchanger Page: 2/4

Project name: Calidad de Agua
 Calculated by: Luis A. Cuatrecasas
 HP Pump flow: 388.60 m3/h
 Feed pressure: 55.8 bar
 Feed temperature: 16.9 °C(62.4°F)
 Feed water pH: 8.10
 Chem dose, mg/L 50 %: 6.6 NaOCl
 Leakage: 1 %
 Volumetric mixing H.P. differential: 0.20 bar
 Boost pressure: 1.81 bar
 Specific energy: 2.02 kWh/m3
 Pass NCP: 15.8 bar
 Average flux rate: 14.2 l/m2

Permeate flow/turn: 384.40 m3/h
 Raw water flow/turn: 824.40 m3/h
 Permeate recovery: 46.00 %
 Element age: 0.0 years
 Flux decline, % per year: 5.0
 Fouling factor: 1.00
 SP increase, per year: 7.0 %

Feed type: Sea Surface MFUF

Pass	Elem #	Flow / Vessel	Flux	DP	Flux	Beta	Stagnation Pressure	Perm. TDS	Element Type	Element Qty	Elem #			
Stage	Flow	Feed	Conc.	Max	Min	Max	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar			
1-1	384.2	8.8	4.7	14.3	1.3	29	1.05	1.5	0	54.4	170.5	SWC5 MAX	658	84 x 7M

Pass	Element	Flow	Pressure	Conc.	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate	Permeate
Stage	No.	Flow	Drop	Conc.	NCP	Water	Water	Beta	TDS	Permeate
1-1	1	55.8	0.3	29.8	25.1	1.2	29	1.05	0.14	0.008

Herramientas Digitales

Permiten diseñar plantas nuevas o evaluar desempeño de plantas en operación.

Desalinización

www.engi-learn.com

89

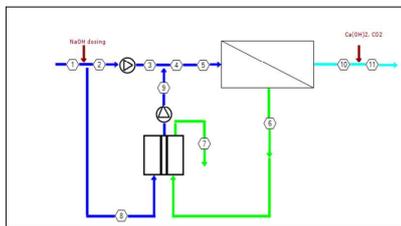


Diseños Básicos de Plantas Desalinizadoras

Integrated Membrane Solutions Design Software
Created on: 4/26/2022 12:32:18



Parameño Throttling (Variable), Pressure/Work Exchanger
Project name: Calidad de Agua Page: 3/4
Temperature: 19.9 °C Element age: P1: 0.0 years



Stream No.	Flow (m3/h)	Pressure (bar)	TDS (mg/L)	pH	Element (gpm/h)
1	825	0	36364	7.85	55505
2	389	0	36368	8.10	55941
3	389	55.8	36368	8.10	55941
4	825	55.8	36368	8.10	55941
5	825	55.8	36368	8.10	55941
6	441	54.4	67914	8.21	105891
7	440	0	67914	8.21	105891
8	438	0	36368	8.10	55941
9	436	96.4	36368	8.10	55941
10	384	1.50	170	6.90	363
11	384	1.50	312	7.72	546

Integrated Membrane Solutions Design Software
Created on: 4/26/2022 12:32:18



Parameño Throttling (Variable), Pressure/Work Exchanger
Project name: Calidad de Agua Page: 4/4

Param.	Value	Unit	Param.	Value	Unit
Calculated by	Luis A. Cuatrecasas		Permeate flow	384.40	m3/h
Feed flow	389.00	m3/h	Feed water flow	384.40	m3/h
Feed pressure	6.6	bar	Recovery	48.00	%
Feed temperature	19.9	°C (65.0°F)	Element age	0.0	years
Feed water pH	8.10		Flux decline % per year	5.0	
Chem. Dose, mg/L	0.0		Flux decline % per year	1.00	
Leakage	1.0	%	Flux decline % per year	7.0	%
Hydraulic design	0.0	%			
H.P. differential	0.50	bar			
Boost pressure	1.81	bar			
Specific energy	2.02	kWh/m3			
Power NCP	17.8	kW			
Average flux rate	14.2	lmh			

Stage	Flow	Feed	Conc.	Flux	DP	Flux	Max	Significant Pressure	Param.	Element	Element	PIF #
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	bar	bar	bar	Type	Quantity	Elem #
1-4	389.2	8.8	4.7	14.2	1.9	19	1.0	0	24.4	SWCS MAX	608	84 x 7M

CALCULATION OF INVESTMENT AND WATER COST

Plant capacity as permeate	384.40	m3/h
Specific investment	32151.90	USD/m3/h
Investment	8,515,100.00	USD
Install rate	10.0	%
Membrane life	5.0	years
Membrane cost	500.00	USD/m2
Plant factor	90.0	%
Number of elements	656	
Power cost	0.00	USD/kWh
Inhibitor cost	2.00	
Power consumption	2.02	kWh/m3
Inhibitor dosing	3.0	mg/l
Membrane recovery	48.0	%
Acid cost	1.00	
Acid dosing	3.28	mg/l

CALCULATION RESULTS

Capital cost	0.17	USD/m3
Power cost	0.40	USD/m3
Chemicals cost	0.02	USD/m3
Membrane replacement costs	0.02	USD/m3
Maintenance	0.08	USD/m3
Total water cost	0.74	USD/m3

Herramientas Digitales

Permiten diseñar plantas nuevas o evaluar desempeño de plantas en operación.