

## Diseño de una instalación desaladora de agua de mar (IDAM) de gran capacidad con pretratamiento mediante ultrafiltración y doble paso de ósmosis inversa

Máster en Ingeniería y Gestión del Agua

Año de realización: 2.012

### TUTOR

Aitor Díaz Pérez

### ALUMNOS

Cristina García-Ochoa Martín

Miguel Moraga Ruiz de la Muela

Alfredo Peraita Juez



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. El agua en el mundo .....	1
1.1.2. La desalación en el mundo y en España .....	2
1.2. Justificación del proyecto .....	4
1.3. Normativa aplicable .....	4
<b>2. Fundamentos de la ósmosis inversa .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Datos de partida y requisitos exigidos .....</b>	<b>7</b>
3.1. Datos básicos de diseño .....	7
3.2. Capacidad de la planta.....	7
3.3. Calidad del agua bruta .....	9
3.4. Temperatura de diseño .....	9
3.5. Características del agua permeado y el agua producto .....	10
<b>4. Línea de proceso .....</b>	<b>11</b>
4.1. Descripción general .....	11
4.2. Captación .....	14
4.3. Pretratamiento físicos.....	17
4.3.1. Filtros de anillas .....	17
4.3.2. Ultrafiltración .....	20
4.4. Pretratamiento químicos .....	29
4.5. Ósmosis inversa .....	43
4.5.1. Bombeo de alta presión .....	48
4.5.2. Recuperadores de energía .....	51
4.5.3. Recirculación .....	54
4.5.4. Split.....	55
4.5.5. Bastidores de ósmosis inversa.....	55
4.6. Remineralización .....	57
4.7. Vertido .....	62

## Índice

<b>5. Estudio de explotación .....</b>	<b>64</b>
<b>6. Resultados y conclusiones .....</b>	<b>67</b>
6.1. Resultados .....	67
6.2. Conclusiones .....	69
<b>7. Bibliografía .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo I. Proyecciones. ....</b>	<b>72</b>

## 1. Introducción

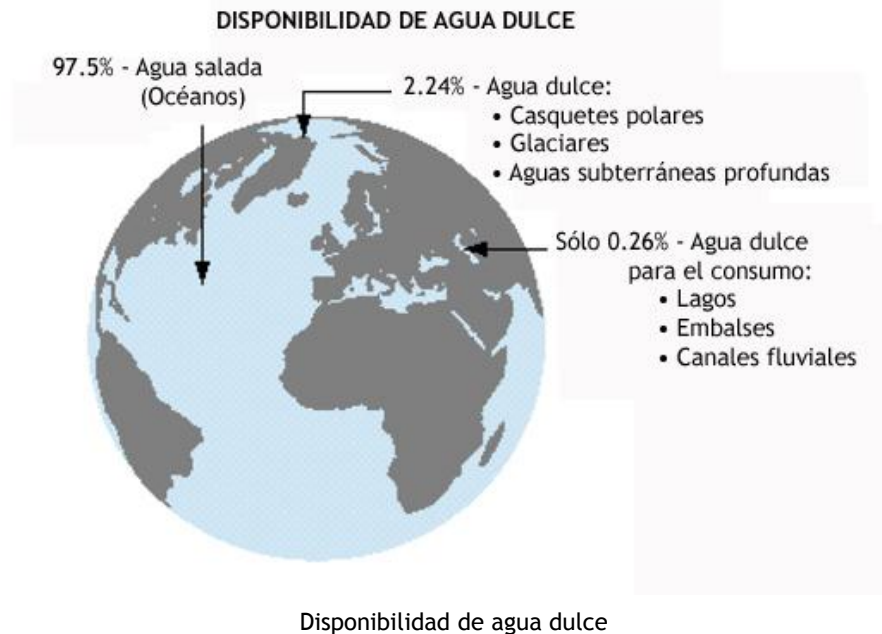
### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. El agua en el mundo

Se estima que las dos terceras partes del planeta están cubiertas por agua. Sin embargo no toda esta agua es apta para el consumo humano y no toda la población del mundo tiene las mismas posibilidades de acceso a este recurso vital.

El 97.5% del agua se encuentra en mares y océanos en forma salada, lo que la hace a priori inútil para la alimentación, la agricultura y la mayor parte de los usos industriales. El 2.5% del agua restante es dulce, pero casi toda ella está en los hielos de los polos o glaciares, en depósitos subterráneos o en otros lugares de difícil utilización. Por todo esto, sólo un 0.26% de la masa total de agua del planeta es fácilmente aprovechable para los usos humanos.

Por otro lado, esta pequeña proporción de agua está sufriendo un acelerado proceso de pérdida de calidad y cantidad. Por ejemplo, más de la mitad de los principales ríos del planeta están gravemente agotados y contaminados, por lo que degradan y contaminan los ecosistemas y amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ellos. Así mismo, en las zonas en las que existe un fácil acceso a este recurso se realiza un consumo excesivo y poco racional.



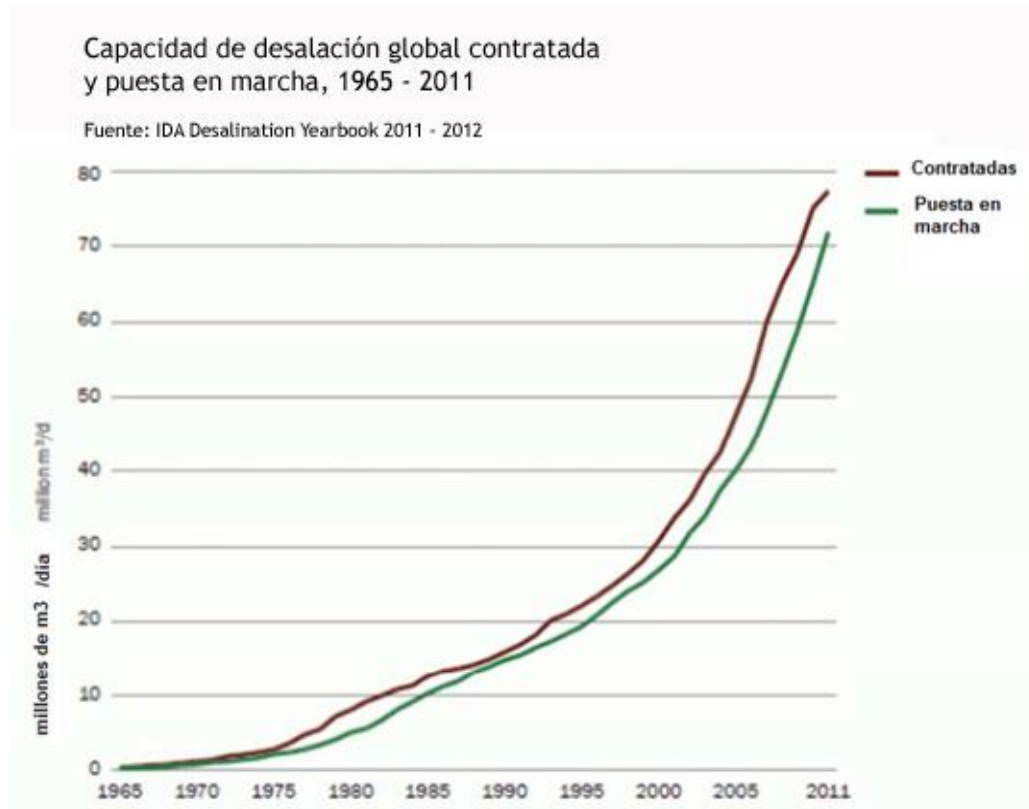
La falta de recursos se incrementará con el paso del tiempo. Actualmente 1.200 millones de personas viven en países que padecen escasez de agua. En el año 2.025, cuando la población haya crecido en unos 3.000 millones de habitantes, se estima que esta cifra puede llegar a 3.400 millones, más de la mitad de la población mundial actual. Zonas especialmente vulnerables serán Oriente Medio, África y sur y oeste de Asia, donde se deberá hacer frente a sequías mortales y lluvias torrenciales cada vez con mayor asiduidad debido al cambio climático. Naciones Unidas señala que los efectos de éste sobre el ciclo de agua en la Tierra hacen que el futuro de agua potable sea más precario que nunca.

### 1.1.2. La desalación en el mundo y en España

Todas las limitaciones recogidas en el punto anterior en torno a las reservas disponibles de agua apta para el consumo humano han obligado a tomar en consideración la posibilidad de tratar aguas salobres y marinas para su adecuación a distintos usos como abastecimiento a la población, riego o industria. Así, actualmente existe un creciente interés en la realización de programas de investigación y desarrollo relativos a los distintos métodos de desalinización.

Históricamente el mayor mercado de estas tecnologías ha sido el de las plantas de agua salobre en Estados Unidos, que ha ido creciendo relativamente despacio, y el de las plantas de agua de mar en

el Golfo Pérsico, mercado que ha ido aumentando con el precio del petróleo y que ha impulsado el desarrollo global del mismo junto con otros programas de desalación significativos en países como Argelia, Australia y España.



Evolución de la desalación en el mundo

Mientras que en estos países dichos programas parecen haber alcanzado su punto máximo, nuevos mercados se están iniciando en China, India, América Latina y Sudáfrica. El desarrollo de estos junto con el incremento de producción de los ya establecidos asegura un crecimiento continuo en los próximos años. Según el informe anual de la Asociación Internacional de Desalación (IDA en sus siglas en inglés) 2.011-2.012 la capacidad total alcanzará 119.2 millones de metros cúbicos al día al final del año 2.016.

En el caso de España la primera planta desaladora de Europa se construyó hace casi 40 años y es el mayor usuario de tecnologías de desalinización del mundo occidental. La innovación española contribuye a promover la desalinización como una fuente sostenible de suministro de agua potable para millones de personas.

La tendencia futura en España será la de seguir instalando unidades de ósmosis inversa en plantas grandes, mejorándose los sistemas de recuperación de energía mediante dispositivos de intercambio de presión que permiten reducir su consumo específico. Además se tiende a mejorar el pretratamiento del agua bruta lo que permite abaratar los costes de explotación.

## 1.2. Justificación del proyecto

El objeto de este proyecto es desarrollar los fundamentos técnicos de los distintos procesos que componen la línea de producción de agua en una instalación desaladora de agua de mar de gran capacidad. Se justificará así mismo el requerimiento energético vinculado a ella que el diseño trata de optimizar.

La elección de diseñar una planta de gran capacidad está directamente relacionada con la tendencia actual que favorece las grandes instalaciones frente a las pequeñas plantas, tanto por la necesidad de hacer frente a una demanda cada vez mayor de agua en el mundo como por la posibilidad que estas instalaciones ofrecen para alcanzar una mayor eficiencia energética.

De igual modo, la línea de proceso se define considerando las últimas técnicas disponibles que permiten obtener un agua producto de gran calidad optimizando los costes energéticos y por tanto económicos.

## 1.3. Normativa aplicable

El marco legal fundamental que en relación al agua es aplicable en España a las plantas desaladoras queda recogido en el Real Decreto 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, así como en el Real Decreto 140/2003, por los que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

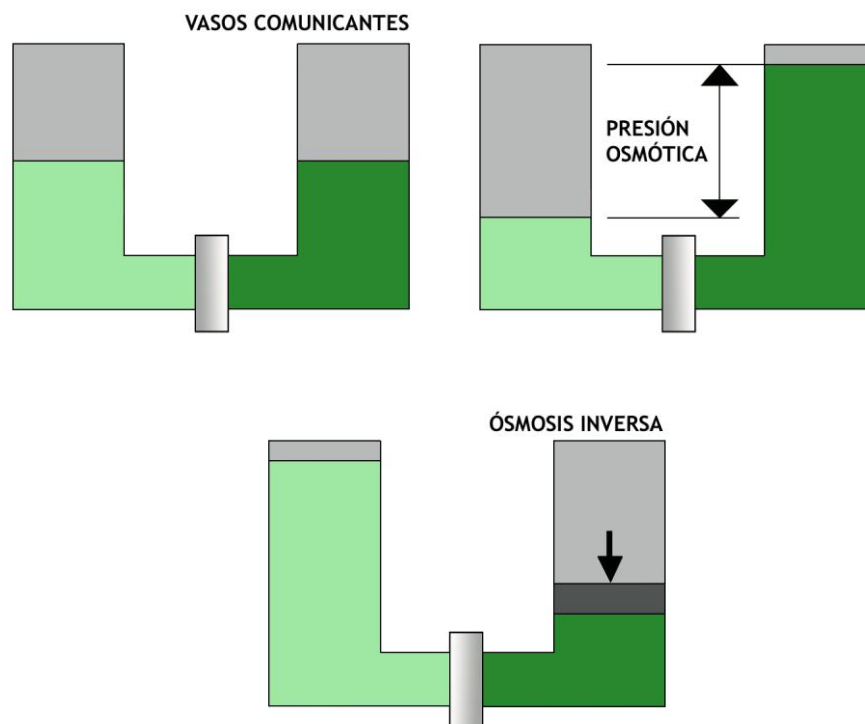
Las aguas salinas tratadas en una Instalación Desaladora de Agua de Mar (IDAM) serán sometidas a un proceso de remineralización adecuado para conseguir agua apta para el consumo humano. Según lo establecido en el artículo 5 del del RD 140/2003 esta deberá ser salubre y limpia, que a efectos prácticos será cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración tal que pueda suponer un riesgo para la salud humana. El agua deberá cumplir con los requisitos mínimos especificados en las partes A, B y C del anexo I de dicho Real Decreto.

## 2. Fundamentos de la ósmosis inversa

Dadas una masa de agua pura y una disolución salina separadas por una membrana semipermeable, el fenómeno de la ósmosis directa consiste en la aparición de una presión desde el lado del agua pura hacia la disolución salina, por la que las moléculas del agua pura atraviesan la membrana semipermeable hacia la disolución salina tratando de igualar concentraciones.

Con este proceso de ósmosis directa lo que se consigue es perder agua pura y aumentar la cantidad de agua salina, hasta que la columna diferencial de agua entre ambos recipientes es tal que la presión de líquido del lado de la solución salina iguala a la presión osmótica.

Una vez igualadas las presiones osmóticas y de columna de líquido-líquido en ambas caras de la membrana, el número de moléculas de agua que la atraviesan en una dirección es igual al número de moléculas que la atraviesan en la otra, permaneciendo de esta forma en equilibrio.



Fundamentos ósmosis inversa.

Al situar un émbolo sobre la superficie de la solución salina y ejercer una presión mecánica igual a la osmótica de la disolución salina inicial se igualan los niveles de líquido en ambos vasos, el proceso



se equilibra y habrá tantas moléculas de agua atravesando la membrana semipermeable en una dirección como en la otra.

Al continuar aumentando la presión sobre la disolución salina, el equilibrio se invierte, y pasan más moléculas de agua desde la solución salina hacia el lado de agua pura que en el sentido contrario, obteniéndose agua pura a partir de la solución salina. Este proceso se conoce como ósmosis inversa y es el aplicado en el proceso de desalación.

### 3. Datos de partido y requisitos exigidos

#### 3.1. Datos básicos de diseño

La siguiente tabla recoge los principales aspectos considerados para el diseño de la planta que se justificarán a lo largo del presente documento:

Producción de la planta		320.000 m <sup>3</sup> /día
Número de pasos		2
Número de etapas	Primer paso	1
	Segundo paso	2
Split variable 2º paso	Mínimo	9 %
	Máximo	29 %
Factor de conversión	Primer paso	45 %
	Segundo paso	90 %
	Global	42,65 % a 43,18 % (según <i>split</i> )
Tipo de captación		Agua de mar - Toma abierta
Temperatura mínima del agua bruta		16 °C
Temperatura máxima del agua bruta		32 °C
Pretratamiento	A la ósmosis inversa	Ultrafiltración
	A la ultrafiltración	Filtros de anillas
Postratamiento - Remineralización		Lechos de calcita
Dosificación químicos	Pretratamiento	FeCl <sub>3</sub> , NaClO, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , NaOH, Antiincrustante.
	Postratamiento	CaCO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> .

#### 3.2. Capacidad de la planta

La capacidad de producción de la planta desaladora es de 320.000 m<sup>3</sup>/día en dos trenes. El motivo de la elección de dividir la planta en dos es facilitar la explotación y diseño y al mismo tiempo garantizar el funcionamiento de al menos una parte ante un posible incidente. Cada uno de estos trenes cuenta con 4 bastidores de filtros de anillas, 30 de ultrafiltración, 12 líneas de primer paso de ósmosis inversa y 6 de segundo paso. La capacidad unitaria por tren es de 160.000 m<sup>3</sup>/día y el

factor de conversión del proceso de ósmosis inversa se encuentra en un rango de entre 42.65% y 43.18% en función del porcentaje de *split* aplicado en el segundo paso.

Nº de trenes: 2	Nº total bastidores o líneas	Nº elementos/bastidor
Filtros anillas	8	5
Ultrafiltración	60	170
1er paso O.I.	24	170
2º paso O.I.	12	98

Para el diseño de la planta de tratamiento se ha considerado un incremento total del 6% sobre el caudal de alimentación a la ósmosis inversa para satisfacer las necesidades de limpieza de los procesos de la propia planta.

### Resumen caudales

	m3/h	m3/d	l/s
Caudal neto de Ósmosis inversa producido	13.333	320.000	3.704
Caudal alimentado a la IDAM	33.239	797.730	9.233
Caudal alimentado filtros de anillas	33.239	797.730	9.233
Caudal alimentado ultrafiltración	32.906	789.753	9.141
Caudal alimentado ósmosis inversa	31.261	750.265	8.684
Caudal alimentado BAP1	14.668	352.035	4.074
Caudal alimentado al PRIMER paso	32.596	782.300	9.054
Caudal rechazo PRIMER paso	17.928	430.265	4.980
Caudal alimentado al SEGUNDO paso	13.348	320.352	3.708
Caudal rechazo SEGUNDO paso	1.335	32.035	371

### 3.3. Calidad del agua bruta

La analítica del agua de mar utilizada en el diseño del proceso la planta desaladora es la siguiente:

Parámetro	Ud	Valor	Parámetro	Ud	Valor
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	ppm	134	Hierro - Fe	µg/l	31
Sólidos disueltos - 180°C	ppm	40.360	Cobre - Cu	µg/l	20
Cloruros - Cl	ppm	22.157	Manganeso - Mn	µg/l	<3
Nitratos - NO <sub>3</sub>	ppm	<1	Bario - Ba	µg/l	6
Fluoruros - F	ppm	1,5	Aluminio - Al	µg/l	20
Bicarbonato - HCO <sub>3</sub>	ppm	163,35	Zinc - Zn	µg/l	16
Sulfatos - SO <sub>4</sub>	ppm	3.056	Estroncio - Sr	µg/l	6.362
Bromuros - Br	ppm	89	Carbono orgánico total	ppm	1,9
Amonio - NH <sub>4</sub>	ppm	0,12	S. suspensión - 105°C	ppm	<10
Sodio - Na	ppm	12.020	S. suspensión - 550°C	ppm	<8
Potasio - K	ppm	671	Bacterias totales	cfu/ml	<3.500
Calcio - Ca	ppm	442	Coliformes totales	cfu/100ml	<15
Magnesio - Mg	ppm	1.499	Coliformes fecales	cfu/100ml	<10
Dureza como CaCO <sub>3</sub>	ppm	7.270,7	Turbidez	NTU	≤5
Fosfatos - PO <sub>4</sub>	ppm	0,01	SDI (15 min)		≥6,5
Dióxido de silicio - SiO <sub>2</sub>	ppm	1	pH		8,1-8,2
Boro - B	ppm	5,5	Temperatura	°C	18 - 30
Atrazina	µg/l	0,21	Metazacloro	µg/l	0,96
Simazina	µg/l	0,07	Pesticidas totales	µg/l	2,33

### 3.4. Temperatura de diseño

Para el diseño de la planta se ha considerado una temperatura mínima del agua a tratar de 16 °C y una temperatura máxima de 32 °C. Esta temperatura define el porcentaje de *split* (parte del permeado del primer paso que no trata en el segundo paso) ya que una temperatura menor permite un mayor porcentaje de *split* para una misma calidad de agua producto. La edad de las membranas es también un factor determinante a la hora de fijar dicho porcentaje de *split*.

La temperatura también define el pH con el que el agua ha de entrar en el segundo paso de ósmosis inversa para cumplir los requisitos de concentración de boro requerida en el permeado.

Edad de las membranas: 0 años		
Temperatura (°C)	Split (%)	pH
16	29	8.1
22	21	8.6
24	19	9.1
28	16	9.5
32	13	9.7

Edad de las membranas: 3,6 años		
Temperatura (°C)	Split (%)	pH
16	21	8.1
22	14	9.2
24	14	9.4
28	11	9.6
32	9	9.8

### 3.5. Características del agua permeado y el agua producto

Los requerimientos en el agua producto se resumen en la siguiente tabla:

Parámetro	Ud	Valor máximo
Boro - B	ppm	0,5
Cloruros - Cl	ppm	30
Sólidos totales disueltos	ppm	300
pH		7,8 - 8,5
Índice de Langelier		0 - 0,5
Dureza como CaCO <sub>3</sub>	ppm	80 - 120
Turbidez	NTU	0

## 4. Línea de proceso

### 4.1. Descripción general

La instalación se ha diseñado para que, teniendo en cuenta el caudal y la calidad del agua producto, el consumo energético sea el menor posible.

El agua bruta se capta mediante una toma abierta en el fondo marino y se conduce a una cántara que alimenta a la planta. Desde esta y mediante bombas de baja presión se impulsa el agua a dos depósitos de agua bruta situados en la cabecera de la instalación. A partir de este punto la planta se divide en los dos trenes previamente comentados.

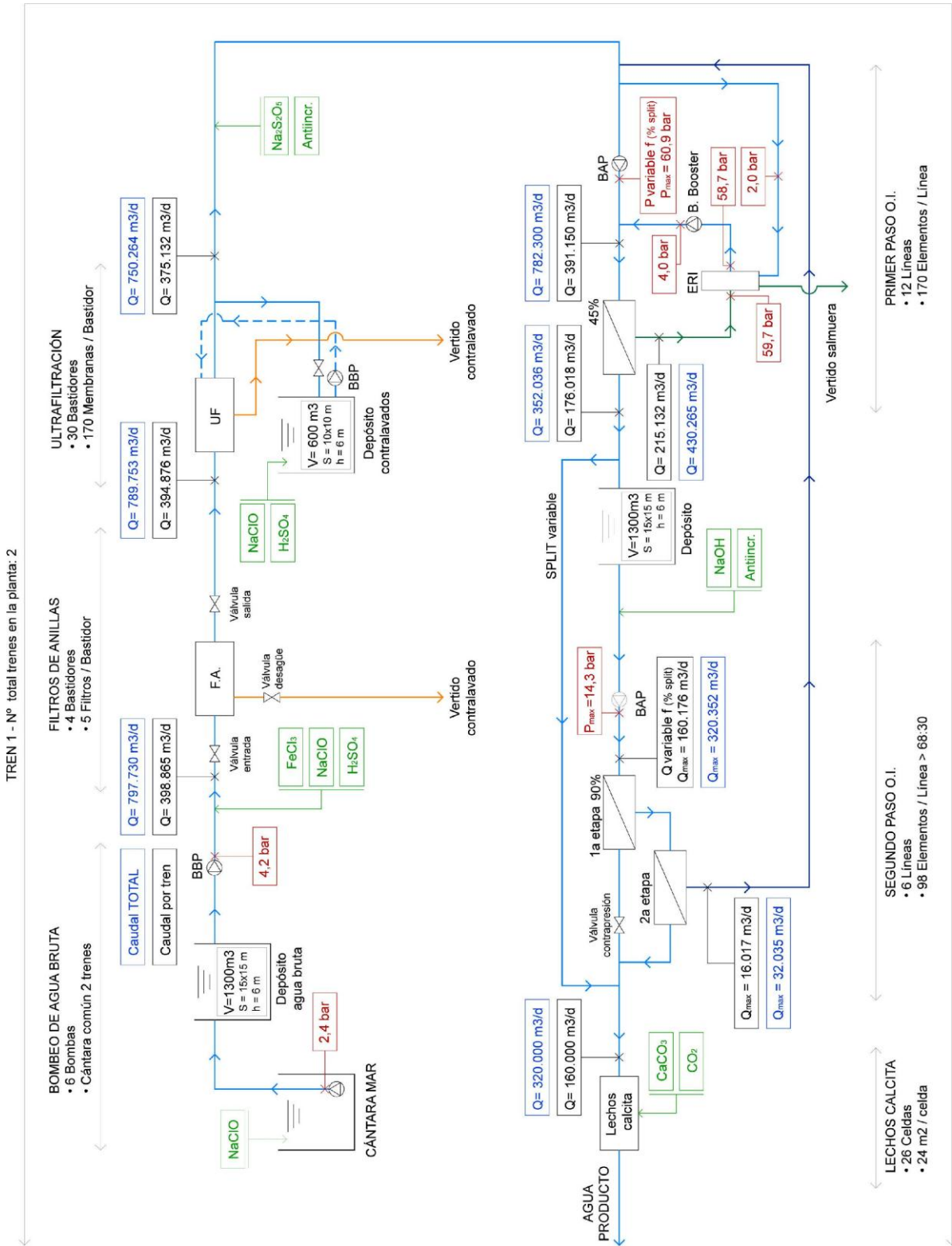
Desde el depósito de cabecera el agua es bombeada con la presión suficiente para atravesar los filtros de anillas y las membranas de ultrafiltración. Ambas tecnologías conforman el pretratamiento físico del agua y su objetivo es eliminar de esta las partículas, grasas o elementos asociados a sólidos en suspensión, de manera que llegue a la ósmosis un agua con la mejor calidad posible.

De igual modo se lleva a cabo un pretratamiento químico en línea mediante la dosificación de distintos compuestos que tienen como finalidad garantizar una mejor calidad en el agua de aporte, mejorar la explotación del sistema y proteger tanto las membranas de ultrafiltración como las de ósmosis inversa. Así se dosifica, antes del paso del agua por los filtros de anillas, hipoclorito sódico para desinfectar y reducir los riesgos derivados de la presencia de microorganismos, cloruro férrico como coagulante y ácido sulfúrico para mejorar la actividad de los reactivos anteriores. Por último, se dosifica bisulfito sódico justo antes del paso del agua por las membranas de ósmosis inversa para eliminar el cloro y la presencia de otros oxidantes que pueden dañar seriamente dichas membranas.

Una vez pretratada, el agua pasa a través de los bastidores de ósmosis inversa. Para alcanzar la calidad del agua producto especificada con el menor consumo energético posible se dispone un doble paso de ósmosis, el primero de los cuales cuenta con 24 líneas, 12 por tren, y recuperadores de energía tipo ERI, mientras que el segundo consta de dos etapas y 12 líneas, 6 por tren. Ambos pasos están separados por un depósito intermedio.

La instalación dispone además del *split* comentado, según la temperatura del agua y edad de las membranas, que permite no tratar parte del agua producto del primer paso y mezclarla posteriormente con el permeado del segundo, con el consiguiente ahorro energético.

Por último, el agua producto del proceso de ósmosis inversa es remineralizada en lechos de calcita para corregir tanto su pH como el equilibrio cálcico-carbónico y permitir su posterior uso como agua potable, garantizando el cumplimiento de la normativa aplicable y protegiendo las conducciones de distribución contra corrosión e incrustaciones.



Esquema general planta.



## 4.2. Captación

La captación en una instalación desaladora tiene cinco objetivos fundamentales:

- Garantizar el caudal del agua de mar necesario.
- Garantizar la mayor calidad posible en el agua captada, asegurando que los valores de todos los parámetros físicos, químicos y biológicos se mantengan por debajo de los límites admisibles en el pretratamiento.
- Minimizar la variación de sus características fisicoquímicas y biológicas, dado que cuanto más constantes sean, más fácil de operar y mantener es la instalación.
- Garantizar el mínimo impacto físico y medio ambiental de la captación, ya que un diseño inadecuado de la misma puede provocar la inmovilización de organismos marinos en las rejillas o el arrastre de los mismos hasta los equipos de bombeo. Así, es necesario garantizar una velocidad de aproximación del agua a la reja suficientemente baja para que un pez pueda nadar contracorriente e impedir que se produzca cualquiera de las situaciones descritas.
- No se puede olvidar los problemas que pudiera originar si, tanto la torre de toma como los emisarios, son dañados por el tráfico marino.
- Asegurar el menor coste posible de la planta tanto en inversión como en explotación. La captación es determinante no sólo por la obra en sí misma, cuyo valor queda determinado fundamentalmente por la distancia existente entre la toma y la planta, sino también porque la calidad del agua captada condiciona el pretratamiento: cuanto mayor sea la profundidad a la que se encuentre la toma mejor será la calidad del agua.

Así, debido a su alto coste, hay que destacar la necesidad de dimensionar la obra de captación para un año horizonte mínimo de 10 años.

En este caso la instalación dispone de una captación abierta y profunda mediante una torre de toma. Esta estructura funciona de soporte de las rejillas de captación y su misión es mantenerlas a cierta altura respecto al fondo marino para minimizar la entrada de sustancias sedimentables. Se

dispone en un fondo rocoso y se diseña de forma que las líneas de corriente del agua captada sean horizontales. Para evitar la inmovilización y el arrastre de los peces se fija además una velocidad de aproximación a las rejillas inferior a 0,15 m/s.



Toma de captación.

La evacuación hacia la costa del agua captada se lleva a cabo mediante un inmisario fondeado de polietileno de alta densidad (PEAD) que conduce el agua hasta una cántara desde la que se bombea a los dos depósitos de agua bruta existente en la cabecera de la planta.



Inmisario de captación.

En esta cántara de captación se colocarán 12 bombas con una potencia de 250 Kw cada una, capaces de impulsar 2.770 m<sup>3</sup>/h a una altura de 24 m. Las tuberías desde la cántara de captación

hasta el depósito de cabecera de la planta son de poliéster reforzado de fibra de vidrio (PRFV), con diámetros comprendidos entre 800 y 2.200 mm.

**Bombeo a depósito de agua bruta**

Caudal de bombeo:	33.239	m3/h
Nº de bombas en operación:	12	
Nº de bombas en reserva:	2	
Caudal unitario:	2770	m3/h

La presión de trabajo adoptada es la siguiente:

Cota de entrega a la desaladora	20	m
Pérdidas de carga totales en tuberías	4	m
Total:	24,0	m

Se adoptan bombas de caudal:	2770	m3/h
y altura manométrica:	24	m.c.a.

Cálculo aproximado de la potencia de motor

Rendimiento motor	0,95	
Rendimiento bomba	0,85	
Densidad fluido	1,03	
Potencia absorbida	231	Kw
Potencia motor:	250	Kw

Ecuación KSB para cálculo NPSHd

Prs (Presión Depósito)	0,0	kgf/cm2
Patm	1,03	kgf/cm2
Pvapor	0,0238	kgf/cm2
Peso Específico	0,998	kgf/dm3
Hp (Pérdidas carga aspiración)	0	m
Hgeos (Altura nivel de agua)	3	m
NPSH disponible	13,08	m

**Diámetros de tuberías**

Dint. (mm) V (m/s)

Nº de colectores comunes	1	
Colector común impulsión	2200	2,43
Colector individual aspiración	1000	0,98
Colector individual impulsión	800	1,53

Material	PRFV	
Presión Nominal (PN)	10	



Cántara de captación

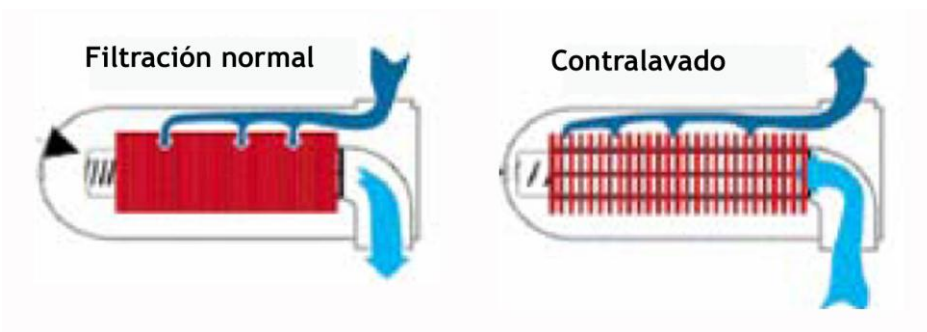
### 4.3. Pretratamiento físicos

#### 4.3.1. Filtros de anillas

Los filtros de anillas se utilizan como pretratamiento a la ultrafiltración. Están especialmente indicados para la retención de partículas de origen mineral, pero no eliminan prácticamente turbidez y no realizan una filtración en profundidad.

Estos filtros están constituidos por una serie de anillas planas y ranuradas de material plástico que se colocan unas sobre las otras, dejando pasar el agua del exterior hacia el interior y reteniendo aquellas partículas cuyo tamaño sea mayor al de paso de las ranuras.

Cuando se detecta un alto ensuciamiento se invierte, mediante un juego de válvulas, el sentido del flujo, que en este caso entra por el interior y sale por el exterior. Al mismo tiempo se separan las anillas entre sí para dejar sueltos los materiales retenidos y proceder a su limpieza. Esta tecnología de contralavado permite ahorrar agua y energía.



Funcionamiento filtros de anillas

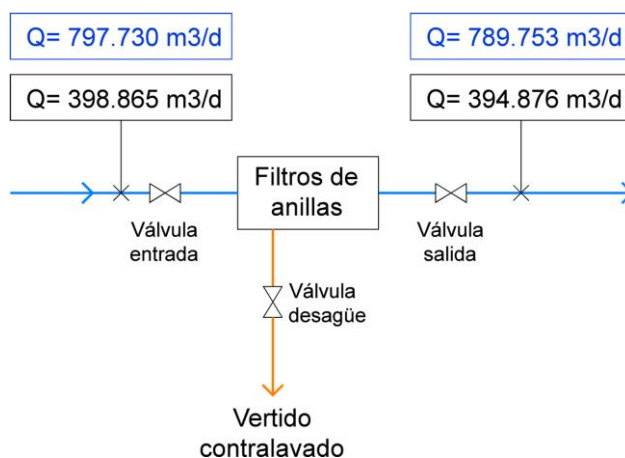
Para el proyecto se han escogido bastidores de gran caudal de la marca *Arkal (12" Spin Klin)* que presentan las siguientes ventajas:

- Alta eficiencia gracias a un diseño que retiene un elevado porcentaje de partículas.
- Bajos consumos de agua y energía.
- Fácil mantenimiento y operatividad ya que no es necesaria la reposición de los filtros.
- Resistencia a la corrosión.
- Contralavado automático con flujo constante.
- Sistema modular que permite futuras expansiones.

Para el diseño de los filtros de anillas se ha tenido en cuenta un porcentaje de pérdidas del 1%, garantizando que el caudal que tras pasar por ellos se dirige a la ultrafiltración sea el adecuado para cumplir con los objetivos de producción de la planta.

## Máster en Ingeniería y Gestión del Agua

### Proyecto fin de máster



Caudales filtros de anillas.

Se opta por instalar bastidores con cinco filtros cada uno de modo que cada unidad pueda tratar el mayor caudal posible. Por otra parte, las especificaciones técnicas de los filtros elegidos fijan el flujo de diseño lo que permite determinar el número bastidores necesarios para filtrar el caudal de la planta, que en este caso asciende a ocho. Estos bastidores se reparten entre los dos trenes en los que se divide la línea de proceso.

#### Diseño

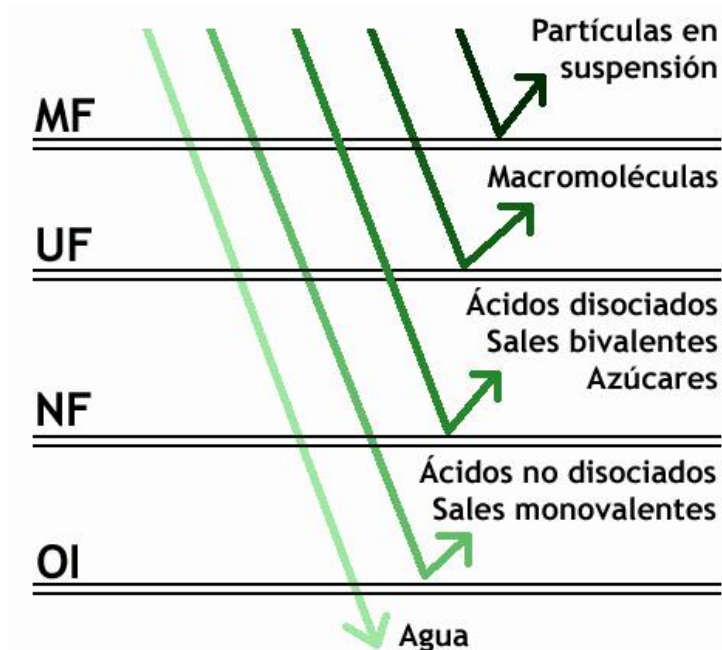
Caudal de entrada a UF	789752,89	m <sup>3</sup> /día
Pérdidas %	1,00%	
Caudal de entrada F.Anillas	797730,20	m <sup>3</sup> /día
Caudal de entrada F.Anillas	33238,76	m <sup>3</sup> /h
Diámetro unitario	1,196	m
Superficie unitaria	1,123	m <sup>2</sup>
Nº filtros por bastidor	5	uds
Flujo diseño	4300	m <sup>3</sup> /h
Nº bastidores	7,73	bastidores
Nº bastidores adoptado	8	bastidores
Nº total filtros	40	filtros

### 4.3.2. Ultrafiltración

La ultrafiltración es un proceso físico de separación de partículas mediante el paso del agua a través de una serie de membranas.

El uso de la ultrafiltración ofrece una serie de ventajas respecto a los tratamientos convencionales lo que añadido a la progresiva reducción de costes y estandarización de los elementos por parte de los fabricantes, hacen que cada día su implantación en plantas desaladoras sea más habitual.

Con la ultrafiltración operación se consigue eliminar materia en suspensión, macromoléculas de gran tamaño, materia coloidal o microorganismos, pero sin embargo no es posible eliminar iones o materia disuelta como ocurre en la ósmosis inversa. Por tanto su misión en la línea de proceso es la protección de las membranas de ósmosis inversa, y preservar el buen estado de las mismas para que funcionen de manera adecuada la mayor cantidad de tiempo posible.



Espectro de filtración

Durante la etapa de filtración el agua a tratar es bombeada a través de la membrana (en sentido de fuera a dentro de las fibras huecas). El agua producto se recoge por lo tanto en el interior de las fibras y abandona el módulo a través del colector de permeado. Durante la etapa de filtración el puerto de concentrado permanece cerrado, por lo tanto los módulos trabajan en modo de final



ciego (el 100 % del agua de alimentación es convertida en filtrado. Dependiendo del tipo de aplicación y de la calidad del agua de alimentación, la duración del ciclo de filtración varía de 20 a 60 minutos.

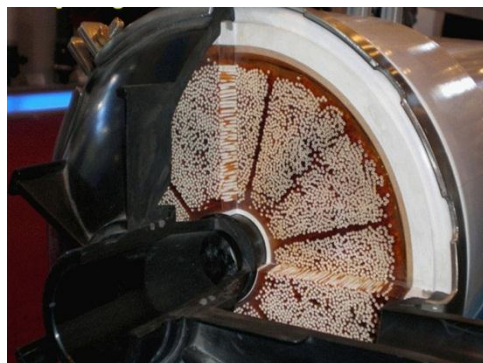
Las ventajas del empleo de la ultrafiltración son las siguientes:

- Ahorro en la superficie del pretratamiento físico.
- Mejora significativa de la calidad de agua producto, eliminando el 100 % de los coloides.
- Calidad del agua producto estable e independiente de las variaciones en la del agua de alimentación.
- Costes de operación menores que con pretratamientos convencionales.
- Reducción en el consumo de reactivos químicos.
- Incremento en la eficiencia de la ósmosis inversa, reduciendo costes de implantación y operación y permitiendo que la ósmosis actúe a su máxima capacidad.
- Reducción de la presión necesaria de funcionamiento respecto a pretratamientos convencionales.

El diseño de la unidad de ultrafiltración se ha realizado teniendo en cuenta el máximo caudal necesario para la ósmosis inversa más un caudal adicional para el lavado de las membranas de ultrafiltración (los lavados se realizan con agua ultrafiltrada). Este caudal se ha estimado en un 5 % del caudal necesario para alimentar la ósmosis inversa y se almacenará en dos depósitos de 600 m<sup>3</sup>, uno por tren.

Se han elegido las membranas del modelo de la casa comercial Hydranautics. El flujo de diseño de estas membranas es de 71 L/m<sup>2</sup>•h contando con una superficie específica de 46m<sup>2</sup> por unidad de membranas. El número total de membranas de ultrafiltración es de 10.200 agrupadas en bastidores de 170 unidades, lo que hace un total de 60 bastidores. Al igual que el resto de la planta se dividen en dos trenes.





Bastidor y detalle de membranas de ultrafiltración

**Diseño**

Caudal de entrada a ósmosis inversa	750.265	m3 / día
Caudal de lavado ultrafiltración	5%	m3 / día
Q diseño (m3/día)	789.753	m3 / día
Q diseño (m3/h)	32906,37056	m3 / h
Flujo de diseño (l/m2/h)	71	L / (m2·h)
Superficie membranas (m2)	46	m2
Número de total de membranas	10076	uds
Número de trenes	2	uds
Número de bastidores	60	uds
Número de bastidores / tren	30	uds
Número de membranas bastidor	170	uds
Flujo funcionamiento durante lavados	75,14	L / (m2·h)

El volumen necesario para el lavado se ha estimado sabiendo que es necesario un flujo de contralavado de 100 L/m2·h y que se realizan limpiezas cada 30 minutos en las membranas. La duración de los lavados es de 60 segundos. El volumen diario para limpieza necesario por bastidor es de 13,03 m3.

**Justificación caudal de lavados**

Flux de lavado	100	L / (m <sup>2</sup> ·h)
Duración lavado	60	segundos
Volumen lavado / membranas	76,67	litros
Volumen lavado / membranas	0,07667	m <sup>3</sup>
Volumen lavado / bastidor	13,03	m <sup>3</sup>
Volumen lavado / tren	391,0	m <sup>3</sup>
Volumen lavado ultrafiltración	782	m <sup>3</sup>
Frecuencia contralavado	30	min
Nº contralavados al día	48	veces
Volumen diario lavado / membranas	3680	litros
Volumen diario lavado / membranas	3,68	m <sup>3</sup>
Volumen diario lavado / bastidor	625,6	m <sup>3</sup>
Volumen diario lavado / tren	18768	m <sup>3</sup>
Volumen diario lavado ultrafiltración	37536	m <sup>3</sup>
Pérdidas por contralavados	5%	
Volumen lavado / bastidor	13,03	m <sup>3</sup>
Número de bastidores limpieza simultánea	4	uds
Volumen lavado simultáneo	52,13333333	m <sup>3</sup>
Número equipos de lavado	2	uds (uno por tren)
Caudal lavado	0,43	m <sup>3</sup> / s
Caudal lavado	1564	m <sup>3</sup> / h

También se realizan una serie de lavados químicos cuando los contralavados normales, es decir aquellos que solo utilizan agua y aire, no son lo suficientemente eficaces en la limpieza. Se estima que se realizaran 4 lavados al día con hipoclorito sódico y una vez a la semana con ácido sulfúrico.

**Dosificación de reactivos (por tren)**

Reactivo	<b>Hipoclorito Sódico</b>	
Caudal de tratamiento equipo lavado	1.564,0	m <sup>3</sup> /h
Tiempo inyección reactivos	100	s

Número inyecciones / día	4	
Tiempo total dosificación	0,11	h
Dosificación Cloro libre	400	ppm
Riqueza producto comercial	12%	
Densidad del producto	1,24	Kg/l
CONSUMO	5213,33	kg/h
CONSUMO	4204,30	l/h
TOTAL	7007,17	l/día
Nº de bombas en operación	1	
Nº de bombas en reserva	1	
Caudal necesario unitario	4204,30	l/h
Caudal adoptado	8000	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	49,05	m <sup>3</sup>
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	49,05	
Se adopta	50	m <sup>3</sup>

Reactivo	<b>Acido Sulfúrico</b>	
Caudal de tratamiento equipo lavado	1.564,0	m <sup>3</sup> /h
Tiempo inyección reactivos	100	s
Tiempo total dosificación	1 vez / semana	
Tiempo total dosificación	0,028	h
Dosificación Ácido	300	ppm
Riqueza producto comercial	96%	
Densidad del producto	1,84	Kg/l
CONSUMO	488,75	kg/h
CONSUMO	265,63	l/h
TOTAL	110,68	l/día
Nº de bombas en operación	1	
Nº de bombas en reserva	1	
Caudal necesario unitario	265,63	l/h
Caudal adoptado	500	l/h

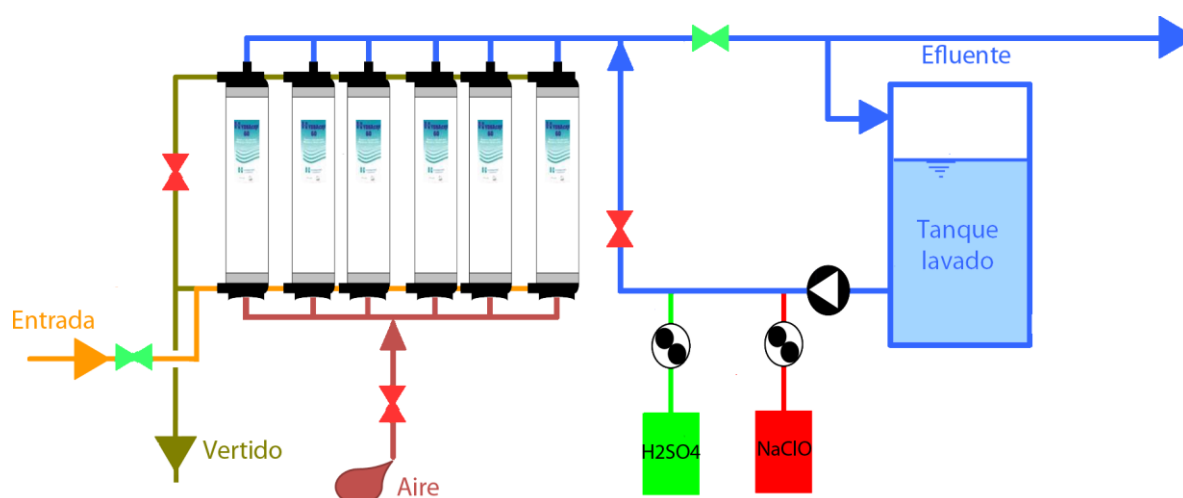
Autonomía depósito almacenamiento	15	días
Volumen necesario	1,66	m <sup>3</sup>
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	1,66	
Se adopta	2	m <sup>3</sup>

### Descripción de los lavados.

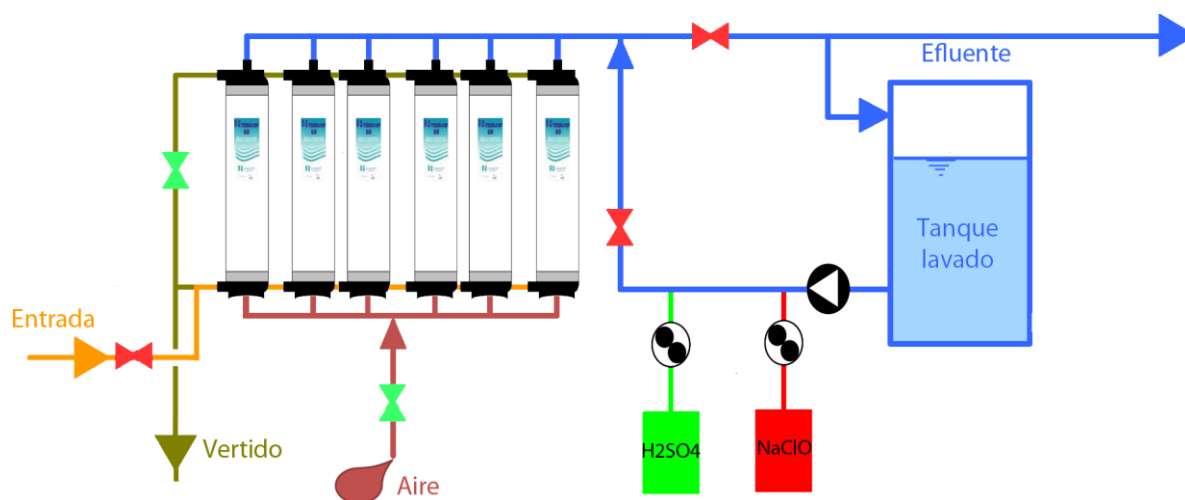
Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el diseño de la ultrafiltración son los continuos lavados que han de realizarse a fin de mantener su rendimiento y buen funcionamiento. Cada cierto tiempo se produce el ensuciamiento y consiguiente atascamiento de las membranas. y, por tanto, han de llevarse a cabo una serie de lavados con agua y aire, con el fin de mantener un caudal de producción estable.

Normalmente la secuencia de contralavado incluye las siguientes etapas:

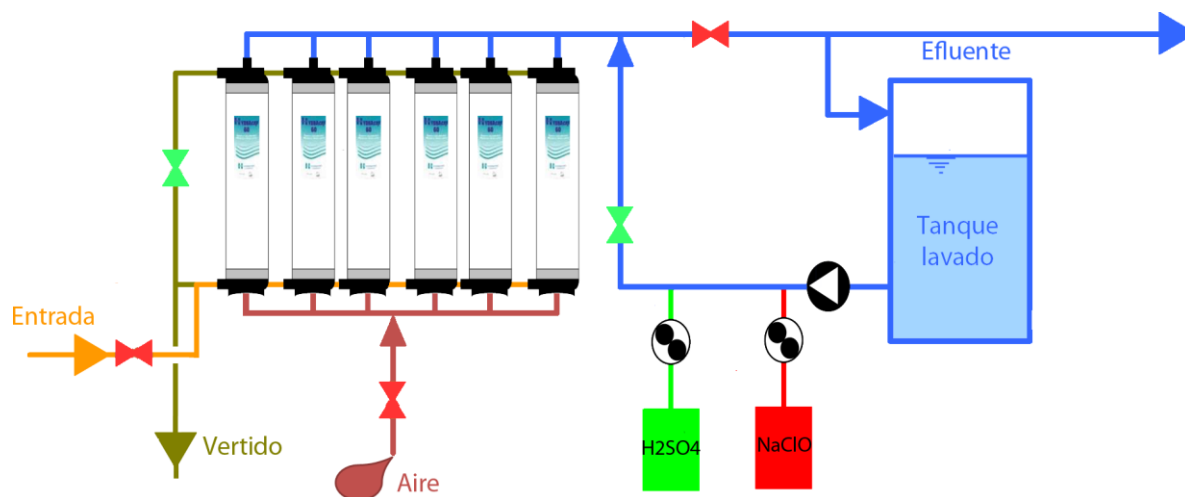
- Etapa inicial de aireación: con la inyección de aire en los módulos se pretende sacudir las fibras y que se desprendan los contaminantes depositados en las membranas. Esta etapa tiene una duración de unos 25 segundos y a continuación le sigue una etapa de drenaje del módulo, para evacuar la suciedad durante la aireación y vaciar el contenido del módulo.



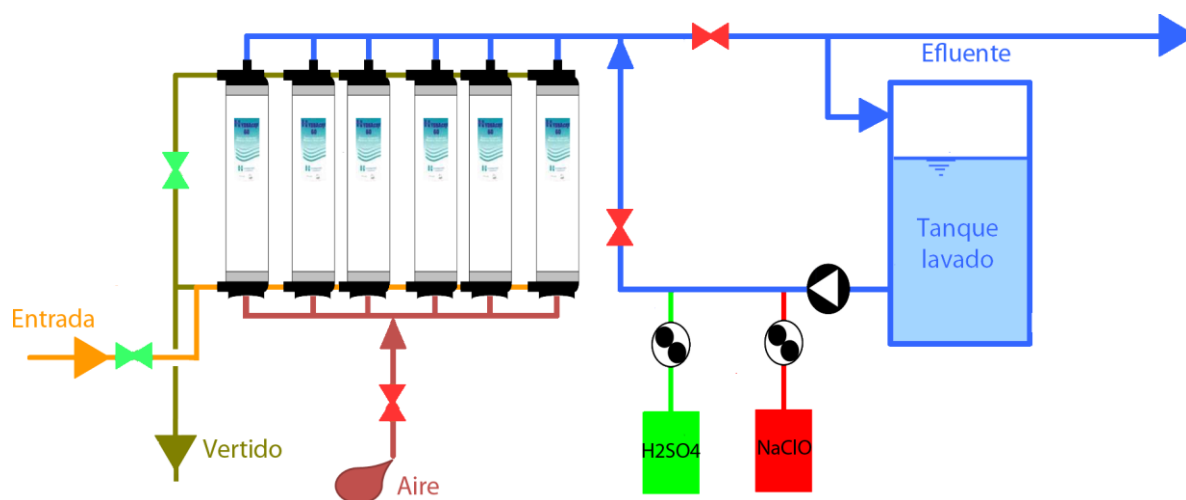
Esquema funcionamiento normal durante la ultrafiltración.



- Etapa de contralavado: un caudal de agua filtrada es bombeada en sentido contrario, es decir, se introduce en el módulo por la parte de filtrado y atraviesa la fibra de dentro a fuera, expulsando de este modo la membrana los contaminantes depositados en su superficie o interior.



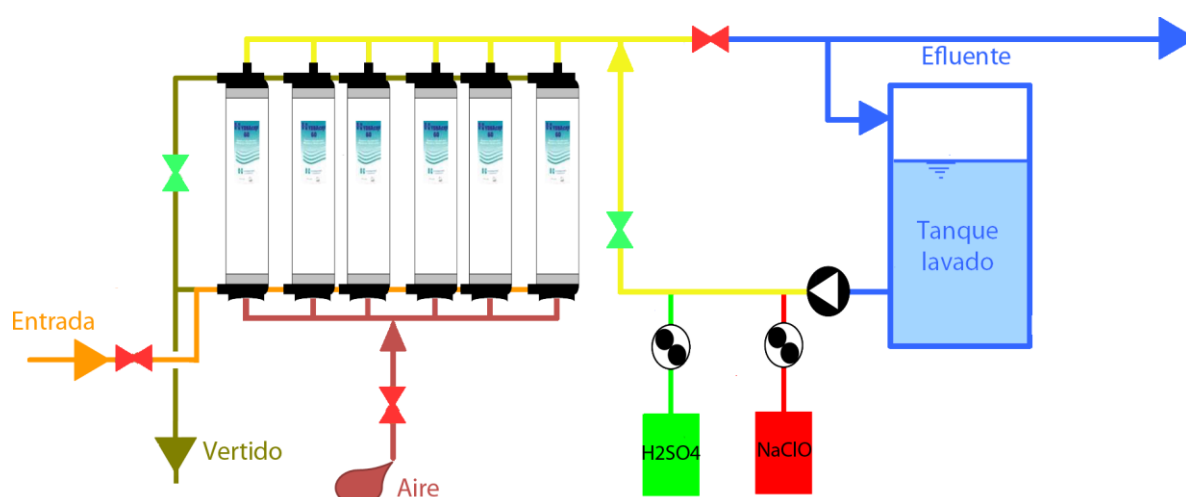
- En último lugar se lleva a cabo un enjuague con agua de alimentación. En este caso el agua circula sobre la superficie de las fibras (no la atraviesa), con el objetivo de arrastrar la suciedad que queda, arrancada de las fibras en las etapas anteriores y asimismo eliminar la posible presencia de burbujas de aire que se hayan podido quedar.



Esquema de enjuague

Sin embargo estos lavados no son suficientes. A medida que se producen los ciclos de ultrafiltración la instalación pierde rendimiento, viéndose disminuido el flujo a través de las membranas. Para mejorar esta situación se realizan diariamente (4 veces al día) lavados químicos, tratando de recuperar la condición inicial de la membrana. Estas limpiezas químicas se conocen como CEB, Chemically Enhanced Backwash.

En este caso se inyectan en la línea de contralavado productos químicos, cuya naturaleza y concentración dependerá del grado y naturaleza del ensuciamiento.

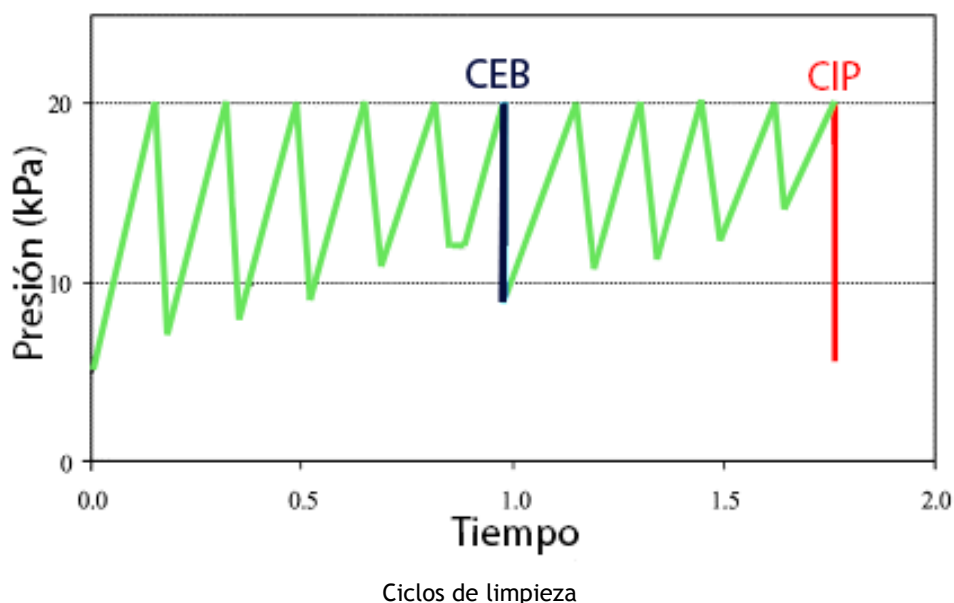


Esquema funcionamiento durante limpieza química.

En la planta se dosifican NaOH para la limpieza y control de ensuciamiento orgánico y NaOCl para desinfección. Estas limpiezas requieren generalmente unos minutos de reposo de los módulos de UF en la solución química para que se logre un mayor efecto. La frecuencia de estas limpiezas varía según el tipo de aplicación y la naturaleza del agua a tratar, pueden tener que realizarse en cada contralavado o cada varias horas o días, y puede ajustarse a medida que se vaya ganando experiencia en la operación de la planta.

Tras un lavado CEB es conveniente realizar un contralavado breve con agua para eliminar los residuos químicos que puedan permanecer en el sistema, especialmente si pueden suponer un riesgo para los equipos o procesos instalados aguas abajo.

Finalmente es necesario una limpieza intensiva, CIP (Cleaning In Place). Esta limpieza se realiza periódicamente de manera manual con un frecuencia de aproximadamente una vez al mes.



#### 4.4. Pretratamiento químicos

Las grandes desaladoras requieren captar un gran caudal de agua para el proceso. Este gran caudal es muy difícil de conseguir mediante pozos, por lo que se recurre a la toma en aguas profundas mediante un inmisario. Dado que la calidad de agua captada no es tan buena es necesario recurrir a pretratamientos físicos que realicen una filtración en serie del agua captada y a un pretratamiento químico.

Esta dosificación de reactivos químicos a lo largo de la línea de proceso tiene como objeto un funcionamiento óptimo de la planta y una obtención de un agua producto con la calidad requerida para la ósmosis inversa.

Los reactivos químicos utilizados en tratamiento de aguas deben ser dosificados y mezclados con el agua a tratar de modo eficiente. Es por por ello por lo que se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

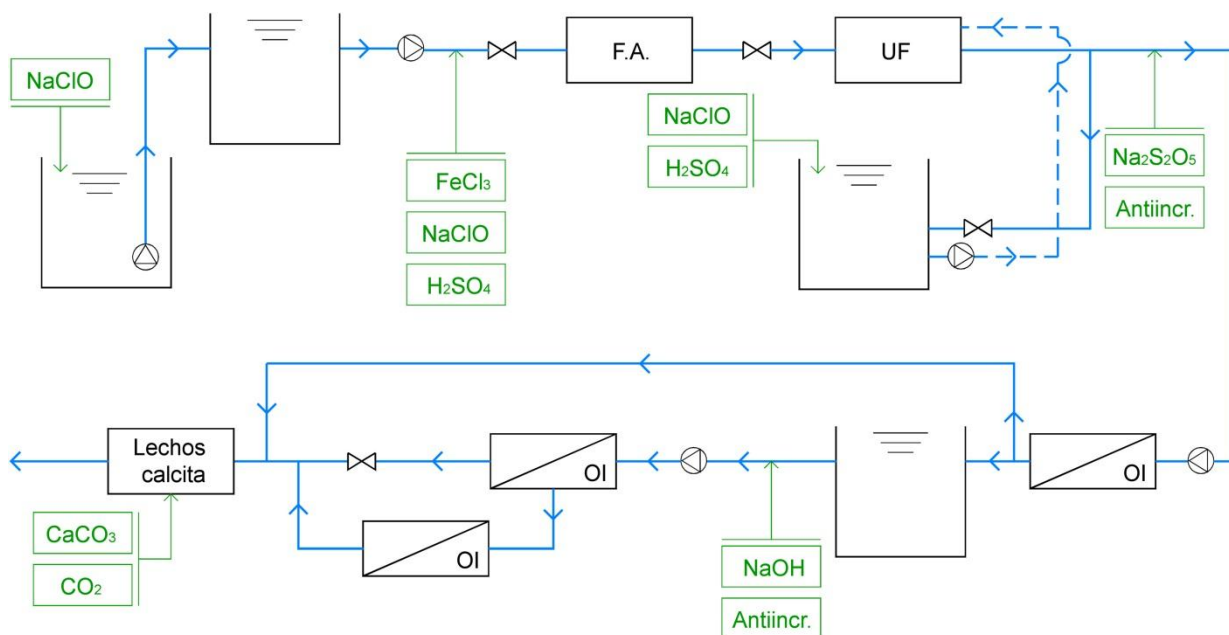
- El reactivo debe mezclarse bien con el agua a tratar para producir su efecto.
- Se debe en cuenta la peligrosidad de ciertas sustancias y existe una normativa específica para su almacenamiento y manipulación.
- Los productos deben ser adecuados para su uso en agua potable y que el reactivo que se compre debe ser de uso alimentario, con certificaciones, etc.
- En general, la dosificación de productos químicos se realiza en forma disuelta, por lo que se deberán tener dispositivos que nos permitan preparar soluciones en el caso de reactivos suministrados en polvo.
- Hay que tener en cuenta la autonomía que deseamos para la recarga de reactivos, para diseñar los tanques de almacenamiento así como el material con el que van a estar en contacto.



Depósitos de reactivos



El siguiente esquema resume la dosificación de productos químicos en la planta:



Esquema de dosificación en la planta

- Hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ): Una dosificación inicial de hipoclorito sódico se realiza en la cántara de captación con el objetivo de realizar una primera desinfección y eliminar la materia orgánica que pueda dañar equipos como las bombas de captación o las conducciones de impulsión a planta. Para ello se realizará un tratamiento mediante choques de 5 ppm.

Ya en planta, se realiza una dosificación continua en línea para eliminar y reducir los riesgos derivados de la presencia de microorganismos, que pueden generar ensuciamientos en las membranas y, como consecuencia de ello, una pérdida de rendimiento de la instalación. En este caso al ser la dosificación en continuo es de 0,5 ppm.

- Cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ): Con el objetivo de anular cargas y favorecer la aglomeración de partículas para una mayor facilidad de eliminación en los filtros de anillas y ultrafiltración, se realiza una dosificación de 4 ppm en continuo.

- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): Por motivos de seguridad y ante una posible variación del pH se dimensiona una instalación de dosificación en choques de 20 ppm de este compuesto que también mejora la actividad de reactivos de coagulación y desinfección.

- Bisulfito sódico ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ): La presencia de sustancias oxidantes, como el cloro, puede dañar gravemente las membranas de ósmosis inversa por lo que es necesario prever su eliminación a fin de preservar la integridad de dichas membranas. Con este fin se realizará una dosificación en continuo de bisulfito sódico de 10 ppm.
- Hidróxido sódico (NaOH): En instalaciones con un segundo paso de OI es necesaria, a la entrada de éste, su dosificación. La función de este compuesto es la de incrementar el pH del agua de entrada al segundo paso y facilitar la disociación del boro aumentando así su rechazo en las membranas de ósmosis inversa. En este caso se estima una dosificación de 10 ppm.
- Antiincrustante: La concentración de agua de mar en las membranas puede fácilmente provocar la precipitación de sales como sulfato cálcico. Se dosificará un dispersante cuya acción es impedir la formación de redes cristalinas, manteniendo a los iones en dispersión y permitiendo sobrepasar el límite de los productos de solubilidad de dichas sales. Se realizará una dosificación de 2 ppm.

Reactivo	Objetivo	Aplicación	Modo	Tiempo	Dosis
Hipoclorito Sódico	Desinfección	Cántara	Choques	6	5
Cloruro Férrico	Coagulante	Línea	Continuo	24	4
Hipoclorito Sódico	Desinfección	Línea	Continuo	24	0,5
Ácido Sulfúrico	Ajuste PH	Línea	Choques	2	20
Bisulfito Sódico	Eliminación Cloro	Línea	Choques	6	10
Antiincrustante	Evitar precipitación	Línea	Continuo	24	2
Sosa	Ajuste PH	Línea	Continuo	24	10

Lugar de aplicación: Cántara de captación		
Reactivo	Hipoclorito sódico	
Modo de aplicación	Choques	
Caudal a tratar	797730,20	m3/día
Caudal a tratar	33238,76	m3/h
Periodo de funcionamiento	6	H
Dosificación	5	Ppm
Riqueza producto comercial	12%	%
Densidad del producto	1,24	Kg/l
CONSUMO	1384,95	kg/h
CONSUMO	1116,89	l/h
TOTAL	6701,36	l/día
Nº de bombas en operación	2	(una / tren)
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	558,45	l/h
Caudal adoptado:	1000	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	46,91	m3
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	46,91	
Volumen depósito adoptado	50	m3

Lugar de aplicación: en línea previo a los filtros de anillas		
Reactivo	<b>Cloruro Férrico</b>	
Modo de aplicación	<b>Continuo</b>	
Caudal a tratar	<b>797730,20</b>	m3/día
Caudal a tratar	<b>33238,76</b>	m3/h
Periodo de funcionamiento	<b>24</b>	h
Dosificación	<b>4</b>	ppm
Riqueza producto comercial	<b>40%</b>	%
Densidad del producto	<b>1,4</b>	Kg/l
CONSUMO	<b>332,39</b>	kg/h
CONSUMO	<b>237,42</b>	l/h
TOTAL	<b>5698,07</b>	l/día
Nº de bombas en operación	<b>2</b>	(una / tren)
Nº de bombas en reserva	<b>2</b>	
Caudal necesario unitario:	<b>118,71</b>	l/h
Caudal adoptado:	<b>200</b>	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	<b>7</b>	días
Volumen necesario	<b>39,89</b>	m3
Nº de depósitos	<b>1</b>	
Volumen por depósito	<b>39,89</b>	
Se adopta	<b>45</b>	m3

Lugar de aplicación: en línea previo a los filtros de anillas		
Reactivo	Hipoclorito sódico	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	797730,20	m3/día
Caudal a tratar	33238,76	m3/h
Periodo de funcionamiento	24	h
Dosificación	0,5	ppm
Riqueza producto comercial	12%	%
Densidad del producto	1,24	Kg/l
CONSUMO	138,49	kg/h
CONSUMO	111,69	l/h
TOTAL	2680,55	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	55,84	l/h
Caudal adoptado:	100	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	18,76	m3
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	18,76	
Se adopta	20	m3

Lugar de aplicación: en línea previo a los filtros de anillas		
Reactivo	Ácido Sulfúrico	
Modo de aplicación	Choques	
Caudal a tratar	797730,20	m3/día
Caudal a tratar	33238,76	m3/h
Periodo de funcionamiento	2	h
Dosificación	20	ppm
Riqueza producto comercial	96%	%
Densidad del producto	1,84	Kg/l
CONSUMO	692,47	kg/h
CONSUMO	376,34	l/h
TOTAL	752,69	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	188,17	l/h
Caudal adoptado:	300	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	5,27	m3
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	5,27	
Se adopta	6	m3

Lugar de aplicación: lavado ultrafiltración		
Reactivo	Hipoclorito sódico	
Modo de aplicación	Choques	
POR LAVADO		
Caudal a tratar	1564	m3/h
POR LAVADO		
Periodo de funcionamiento	0,11	h
Dosificación	400	ppm
Riqueza producto comercial	12%	
Densidad del producto	1,24	Kg/l
CONSUMO	5213,33	kg/h
CONSUMO	4204,30	l/h
TOTAL	467,14	l/día
ULTRAFILTRACIÓN (60 BASTIDORES)		
TOTAL	14014,33692	l/día
Nº de bombas en operación / tren	1	
Nº de bombas en reserva/ tren	1	
Nº de bombas en operación total	2	
Nº de bombas en reserva total	2	
Caudal necesario unitario:	4204,30	l/h
Caudal adoptado:	6000	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	98,10	m3
Nº de depósitos	2	(uno / tren)
Volumen por depósito	49,05	
Se adopta	50	m3

Lugar de aplicación: en línea previo a los filtros de anillas		
Reactivo	Ácido Sulfúrico	
Modo de aplicación	Continuo	
POR LAVADO		
Caudal a tratar	1564	m3/h
POR LAVADO		
Periodo de funcionamiento	0,028	h
Dosificación	300	ppm
Riqueza producto comercial	96%	%
Densidad del producto	1,84	Kg/l
CONSUMO	488,75	kg/h
CONSUMO	265,625	l/h
TOTAL	7,38	l/semana
ULTRAFILTRACIÓN (60 BASTIDORES)		
TOTAL	221,35	l/semana
Nº de bombas en operación / tren	1	
Nº de bombas en reserva/ tren	1	
Nº de bombas en operación total	2	
Nº de bombas en reserva total	2	
Caudal necesario unitario:	265,625	l/h
Caudal adoptado:	400	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	1	semana
Volumen necesario	0,22	m3
Nº de depósitos	2	(uno / tren)
Volumen por depósito	0,11	
Se adopta	1,00	m3



Lugar de aplicación: ósmosis inversa (1er PASO)		
Reactivo	Bisulfito Sódico	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	782300,45	m3/día
Caudal a tratar	32595,85	m3/h
Periodo de funcionamiento	6	h
Dosificación	10	ppm
Riqueza producto comercial	40%	%
Densidad del producto	1,4	Kg/l
CONSUMO	814,90	kg/h
CONSUMO	582,07	l/h
TOTAL	3492,41	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	291,03	l/h
Caudal adoptado:	500	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	5	días
Volumen necesario	17,46	m3
Nº de depósitos	2	
Volumen por depósito	8,73	
Se adopta	10	m3

Lugar de aplicación: ósmosis inversa (1er PASO)		
Reactivo	Antiincrustante	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	782300,45	m3/día
Caudal a tratar	32595,85	m3/h
Periodo de funcionamiento	24	h
Dosificación	1	ppm
Riqueza producto comercial	100%	%
Densidad del producto	1,36	Kg/l
CONSUMO	32,60	kg/h
CONSUMO	23,97	l/h
TOTAL	575,22	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	11,98	l/h
Caudal adoptado:	20	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	4,03	m3
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	4,03	
Se adopta	4,5	m3

Lugar de aplicación: ósmosis inversa (2º PASO)		
Reactivo	Sosa (NaOH)	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	782.300	m3/día
Caudal a tratar	32595,85218	m3/h
Periodo de funcionamiento	6	h
Dosificación	10	ppm
Riqueza producto comercial	100%	%
Densidad del producto	2,13	Kg/l
CONSUMO	325,96	kg/h
CONSUMO	153,03	l/h
TOTAL	918,19	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	76,52	l/h
Caudal adoptado:	500	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	5	días
Volumen necesario	4,59	m3
Nº de depósitos	2	
Volumen por depósito	2,30	
Se adopta	3	m3

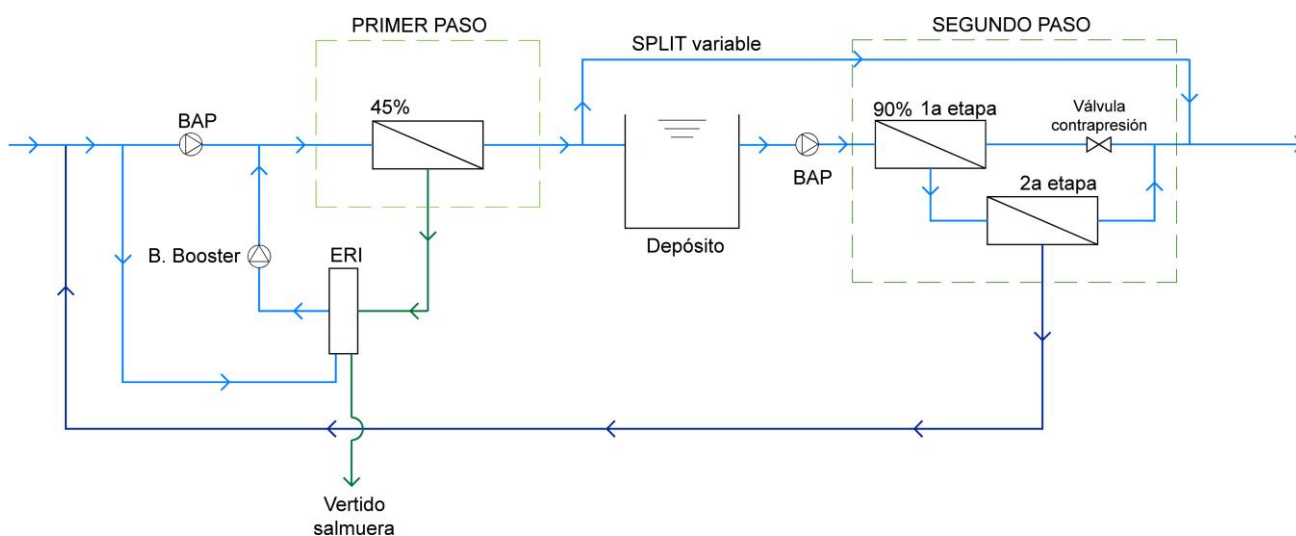
Lugar de aplicación: ósmosis inversa (2º PASO)		
Reactivo	Antiincrustante	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	782.300	m3/día
Caudal a tratar	32595,85	m3/h
Periodo de funcionamiento	24	h
Dosificación	1	ppm
Riqueza producto comercial	100%	%
Densidad del producto	1,36	Kg/l
CONSUMO	32,60	kg/h
CONSUMO	23,97	l/h
TOTAL	575,22	l/día
Nº de bombas en operación	2	
Nº de bombas en reserva	2	
Caudal necesario unitario:	11,98	l/h
Caudal adoptado:	20	l/h
Autonomía depósito almacenamiento	7	días
Volumen necesario	4,03	m3
Nº de depósitos	1	
Volumen por depósito	4,03	
Se adopta	4,5	m3

Lugar de aplicación: lechos de calcita		
Reactivo	Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	320.000	m <sup>3</sup> /día
Caudal a tratar	13333,33	m <sup>3</sup> /h
Periodo de funcionamiento	24	h
Dosificación	64	ppm
CONSUMO	853,33	kg/h
TOTAL	20480	kg/día
Reactivo	CO <sub>2</sub>	
Modo de aplicación	Continuo	
Caudal a tratar	320.000	m <sup>3</sup> /día
Caudal a tratar	13333,33	m <sup>3</sup> /h
Periodo de funcionamiento	24	h
Dosificación	28,16	ppm
CONSUMO	375,47	kg/h
TOTAL	9011,2	kg/día

## 4.5. Ósmosis inversa

El diseño realizado corresponde a un doble paso de ósmosis inversa formado el primero por una etapa con una conversión del 45% y el segundo por dos etapas con una conversión del 90%. La conversión global del proceso oscila entre un 42,65% y un 43,18% en función del *split* aplicado en el segundo paso de este proceso.

Se opta por este esquema ya que la disposición de dos pasos aumenta la calidad en el agua producto mientras que la doble etapa del segundo paso garantiza una adecuada conversión global del proceso. Ambos pasos están separados por un depósito intermedio que facilita la explotación de la planta, ya que trabajar en continuo es muy complejo.



Esquema ósmosis inversa

El *split* es el porcentaje de permeado del primer paso que no es tratado en el segundo, juntándose posteriormente con los permeados de las dos etapas del segundo paso. Este porcentaje varía en función de la temperatura y edad de las membranas de ósmosis para obtener una calidad constante de permeado que cumpla los requisitos mínimos exigidos. Así, cuanto menor es la temperatura y edad de las membranas, mayor es el porcentaje de *split* que se puede aplicar en el segundo paso del proceso de ósmosis inversa.

Temperatura	-
Edad de membranas	-
% Split	+

Por otra parte, para reducir la concentración de boro en el agua producto es preciso aumentar el pH en el agua de entrada al segundo paso ya que con un pH básico se provoca la disociación iónica del boro y aumenta el rechazo del mismo por las membranas. La sosa cáustica (NaOH), dosificada a la entrada del segundo paso, eleva el pH hasta valores de 9,8 en función de la temperatura del agua de aporte, el porcentaje de *split* aplicado y la edad de las membranas. Así se garantiza una concentración de boro en el agua producto inferior a 0.5 ppm.

Para determinar la conversión del proceso de ósmosis y una vez seleccionadas las membranas de acuerdo a lo expuesto en el punto 4.5.5 *Bastidores de Ósmosis Inversa*, se han realizado proyecciones de los resultados obtenidos para varias temperaturas dentro del rango previsto con membranas limpias y sucias y adecuando el *split* en cada caso, cumpliendo en todo momento las condiciones exigidas en el agua producto. El diseño del proyecto se ha realizado considerando las peores condiciones de las proyecciones de membranas tanto en presión como en calidad del agua producida, de forma que se garantice el correcto funcionamiento en todo el rango de temperaturas y para cualquier condición de las membranas.

Edad de las membranas = 0 años							
T (°C)	Split	TDS (ppm)	P <sub>BAP</sub> (bar)	[B] (ppm)	pH <sub>2 paso</sub>	P <sub>BAP 2 paso</sub> (bar)	[Cl] (ppm)
16	29%	51.65	57.10	0.39	8.10	13.20	29.76
22	21%	49.68	55.80	0.50	8.60	13.00	28.54
24	19%	50.51	55.70	0.49	9.10	12.30	29.03
28	16%	50.78	55.50	0.47	9.50	11.80	29.20
32	13%	49.23	55.40	0.47	9.70	11.40	28.31

Edad de las membranas = 3,6 años							
T (°C)	Split	TDS (ppm)	P <sub>BAP</sub> (bar)	[B] (ppm)	pH <sub>2 paso</sub>	P <sub>BAP 2 paso</sub> (bar)	[Cl] (ppm)
16	21%	50.70	60.90	0.49	8.10	14.30	29.17
22	14%	49.32	58.70	0.49	9.20	13.60	28.34
24	14%	51.28	58.30	0.49	9.40	13.20	29.48
28	11%	49.38	57.70	0.50	9.60	12.70	28.38
32	9%	50.03	57.20	0.49	9.80	12.20	28.78

Teniendo en cuenta el caudal total a tratar en el primer paso de la ósmosis inversa (782.300 m<sup>3</sup>/día) se disponen 24 líneas de este primer paso, cada una de las cuales tratará aproximadamente 32.600 m<sup>2</sup> al día, produciendo 14.670 m<sup>3</sup>/día de permeado. De igual modo se disponen 12 líneas de segundo paso una vez considerado el caudal total a tratar por este, el cual dependerá del split aplicado y que en cualquier caso no superará los 320.352 m<sup>3</sup> al día.

La planta se organiza en dos trenes, cada uno de los cuales tratará la mitad del caudal a producir por la planta, contando por tanto cada uno de ellos con 12 líneas de primer paso y 6 de segundo.

A continuación se muestran los cálculos con el split del 9 % que son los que nos determinan el máximo caudal a tratar y por tanto el máximo número de elementos en nuestro proceso de ósmosis inversa



**Diseño ósmosis inversa**

N° Líneas PRIMER PASO

24

N° Líneas SEGUNDO PASO

12

Caudal neto de Ósmosis inversa producido

13.333

320.000

3.704

Caudal alimentado OI

31.261

750.265

8.684

Caudal rechazo OI

17.928

430.265

4.980

Caudal Total producido 1 Paso estimado

14.668

352.035

4.074

Caudal unitario alimentado PASO 1

1.358

32.596

377

Caudal unitario producido PASO 1

611

14.668

170

Caudal unitario rechazo PASO 1

747

17.928

207

Caudal Total alimentado 1 Paso

32.596

782.300

9.054

Caudal Total producido 1 Paso

14.668

352.035

4.074

Caudal Total rechazo 1 Paso

17.928

430.265

4.980

Caudal TOTAL Permeado tratado

13.348

320.352

3.708

Caudal TOTAL permeado NO tratado

1.320

31.683

367

Caudal unitario Permeado tratado

556

13.348

154

Caudal unitario de permeado NO tratado

55

1.320

15

Porcentaje de mezcla permeado no tratado (SPLIT)

9,0%

Caudal unitario alimentado PASO 2

1.112

26.696

Caudal unitario producido PASO 2

1.001

24.026

Caudal unitario rechazo PASO 2

111

2.670

Caudal Total alimentado 2 Paso

13.348

320.352

Caudal Total producido 2 Paso

12.013

288.317

Caudal Total rechazo 2 Paso

1.335

32.035

Caudal unitario TOTAL producto	1.056	25.347	
Caudal TOTAL producto	13.333	320.000	
Conversion paso 1	45,0%		
Conversion paso 2	90,0%		
Conversion Global	42,652%		

**Bastidores de membranas. Ósmosis inversa**

Producción nominal:	320.000	m3/d
Caudal a producir:	13333,3	m3/h

Nº de bastidores 1 <sup>er</sup> Paso	24	
Nº de bastidores 2 <sup>o</sup> Paso	12	
Producción unitaria Paso 1:	14.668	m3/d
Producción unitaria Paso 2:	24.026	m3/d

Conversión 1er Paso	45,00%
Conversión 2º Paso	90,00%
Conversión Global:	42,65%

Flujo específico empleado paso 1	14	l/m2/h
Flujo específico empleado paso 1	336	l/m2/día
Caudal a producir por línea en 1er paso:	611,2	m3/h
Superficie membrana:	37	m2
Nº de membranas necesarias:	1180	uds.
Nº membranas/tubo	7	uds.
Nº tubos necesarios	169	uds.
Nº tubos adoptados	170	uds.
Nº total de membranas	28560	uds.

Presión de diseño de los tubos de presión 1er paso.

Presión de trabajo:	60,9	bar
Presión (en psi)	882,6	psi
Adoptamos:	1200	psi

Flujo específico empleado paso 2	37	l/m <sup>2</sup> /h
Flujo específico empleado paso 2	888	l/m <sup>2</sup> /día
Caudal a producir por línea en 2º paso:	1001,1	m <sup>3</sup> /h
Superficie membrana:	40	m <sup>2</sup>
Nº de membranas necesarias:	676	uds.
Nº membranas/tubo	7	uds.
Nº tubos necesarios	97	uds.
Nº tubos adoptados	98	uds.
Nº total de membranas	8232	uds.
Configuración	68:30	uds.

Presión de diseño de los tubos de presión 2º paso.

Presión de trabajo:	14,3	bar
Presión (en psi)	207,2	psi
Adoptamos:	300	psi

#### 4.5.1. Bombeo de alta presión

La ósmosis inversa funcionará siempre que se le aplique al sistema una presión superior a la osmótica. Esa presión, en la situación más desfavorable, alcanza los 60,9 bar, lo que obliga a la instalación de bombas de alta presión (BAP) antes de las membranas de ósmosis inversa que garanticen que dicha presión sea alcanzada teniendo en cuenta todas las pérdidas de carga que se puedan producir.

El consumo eléctrico de estas bombas es un punto crítico en la explotación de la planta, debiéndose maximizar su eficiencia para lograr el menor consumo energético posible. La presión necesaria en las membranas de ósmosis es mayor cuanto menor es la temperatura de operación, lo que hace que aumenten los consumos en las bombas.

Temperatura	-
Edad de membranas	+
Presión OI	+

Al tratarse de una planta con doble paso de ósmosis, es necesario instalar bombes intermedios entre el primer y el segundo paso. La potencia de este segundo bombeo es muy inferior a la del primer paso, ya que la calidad del agua ha mejorado considerablemente y la concentración de sales es menor, reduciéndose de esta manera la presión osmótica.

Se disponen 24 bombas de alta presión para el primer paso, una por línea, más 2 bombas de reserva. De igual modo se instalan 12 bombas de alta presión para el segundo paso más dos bombas de reserva.

Para cada una de estas bombas se determina la potencia absorbida y adoptada en kilowatios teniendo en cuenta el caudal unitario a impulsar por cada una de ellas así como la altura manométrica, densidad del fluido y rendimientos del motor y de la bomba.

	Nº de bombas	Potencia absorbida (Kw)	Potencia adoptada (Kw)
BAP - 1er paso	24 + 2	1.272	1.400
BAP - 2º paso	12 + 2	592	630

### Bombeo de alta presión PASO 1

Presión disponible en la aspiración:	2,0	bar
Presión máxima a la entrada de membranas	60,9	bar
Presión mínima a la entrada de membranas	55,4	bar
Pérdidas de carga en tuberías y válvulas	0,5	bar
Altura geométrica (altura media del bastidor)	0,5	bar
Presión diferencial máxima	59,9	bar
Altura manométrica máxima	599,0	m.c.a

Caudal	14.668,1	m3/h
Nº de bombas en operación:	24	
Nº de bombas en reserva:	2	
Caudal unitario:	611	m3/h

Caudal unitario bomba de recirculación	747	m3/h
--	-----	------

Se adoptan bombas de caudal: y altura manométrica:	611	m3/h
	599	m.c.a

Cálculo aproximado de la potencia de motor

Rendimiento motor	0,95	
Rendimiento bomba	0,85	
Densidad	1,03	
Potencia absorbida	1272	Kw
Potencia motor adop.	1400	KW

**Bombeo de alta presión PASO 2**

Presión disponible en la aspiración:	0,0	bar
Presión máxima a la entrada de membranas	14,3	bar
Presión mínima a la entrada de membranas	11,4	bar
Pérdidas de carga en tuberías y válvulas	0,5	bar
Altura geométrica (altura media del bastidor)	0,5	bar
Presión diferencial máxima	15,3	bar
Altura manométrica máxima	153,0	m.c.a

Caudal	13.348,0	m3/h
Nº de bombas en operación:	12	
Nº de bombas en reserva:	2	
Caudal unitario:	1112	m3/h
Caudal unitario bomba de recirculación	111	m3/h

Se adoptan bombas de caudal: y altura manométrica:	1112	m3/h
	153	m.c.a

Cálculo aproximado de la potencia de motor

Rendimiento motor	0,95	
Rendimiento bomba	0,85	
Densidad	1,03	

Potencia absorbida	592	Kw
Potencia motor adop.	630	KW

#### 4.5.2. Recuperadores de energía

Una forma de reducir el consumo eléctrico de las bombas de alta presión es mediante el empleo de recuperadores de energía. Esta tecnología permite aprovechar la presión del rechazo del primer paso, que se transmite a la alimentación de las membranas.

Existen dos tipos principales de recuperadores de energía, las turbinas Pelton y los intercambiadores de presión. La diferencia fundamental entre ellos es que las primeras, acopladas al eje del motor que acciona la bomba de alta presión, transforman la energía existente en forma de presión en la salmuera en energía cinética de rotación en el eje de la turbina. Los intercambiadores de presión son sin embargo dispositivos que transfieren directamente la alta presión de la salmuera de rechazo al agua de aporte sin convertirla previamente en energía mecánica de rotación.

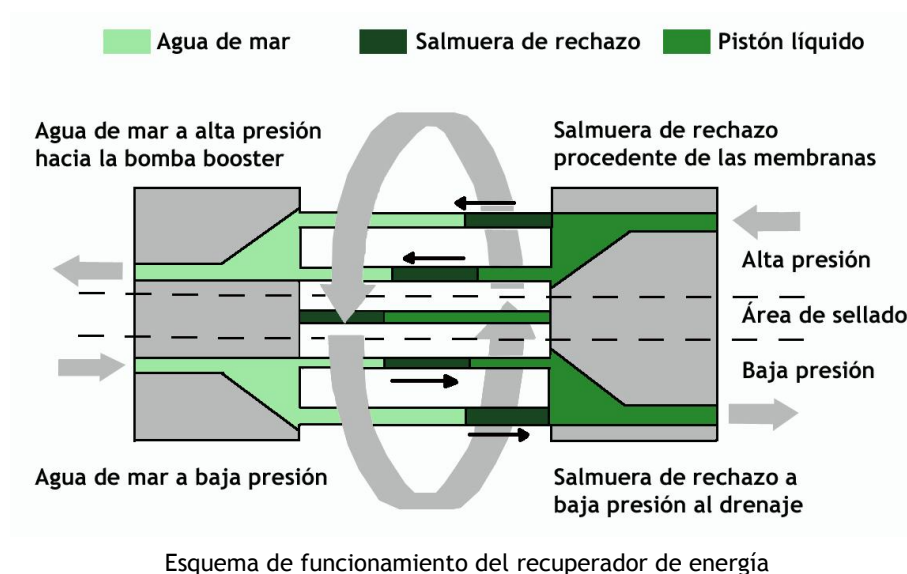
Para ello, parte del caudal de alimentación al primer paso de la ósmosis se deriva a dichos intercambiadores mientras que la alimentación restante es impulsada por las bombas de alta presión. Durante este proceso la salmuera sufre una pérdida de carga tanto en las membranas como en las tuberías y válvulas que es preciso compensar. Con este objetivo se dispone una bomba booster que impulsa un caudal de agua de mar ligeramente inferior al de la salmuera de rechazo y que aporta la diferencia de presión necesaria. De este modo se consigue que el caudal a impulsar por las bombas de alta presión se reduzca casi a la mitad, disminuyéndose considerablemente el consumo energético de la planta.



ERI

Existen dos tipos fundamentales de intercambiadores de presión, los de cámara fija y los de cámara en rotación. Para la planta se opta por este segundo tipo que carecen de válvulas y en los que la transferencia de presión se realiza en una cámara o cilindro que gira alrededor de un eje. Su principal fabricante es Energy Recovery Inc. (ERI).

Cada recuperador de energía de este tipo dispone de un rotor el cual se ensambla entre dos tapas encargadas de sellar, distribuir hacia las cámaras y recoger de las mismas, tanto el agua de mar como la salmuera de rechazo. Todo ello se monta dentro de un cilindro de PRFV dimensionado para soportar altas presiones de trabajo. En este sistema en todo momento la mitad de las cámaras menos una están en contacto con el lado de alta presión y la otra mitad menos una con el lado de baja presión. Las dos cámaras que faltan se encuentran en la zona de sellado.



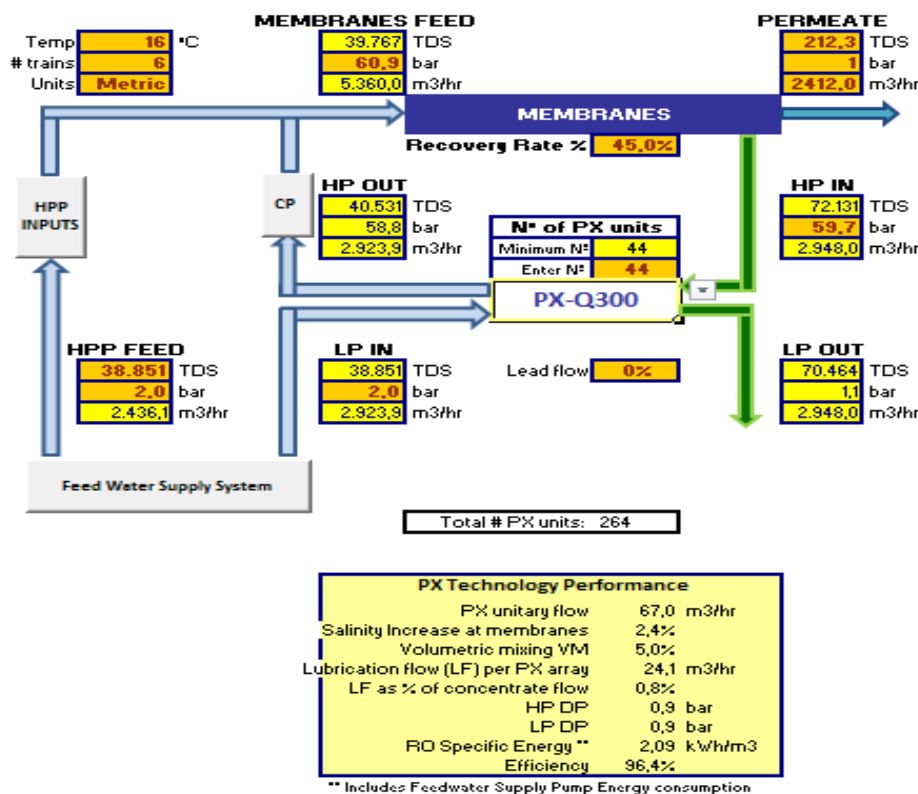
Las ventajas fundamentales de estos recuperadores de energía son las siguientes:

- Tamaño reducido.
- Materiales cerámicos de enorme dureza y resistencia a la corrosión.
- Ausencia de válvulas o pistones que simplifican su operación y mantenimiento.
- Diseño flexible y modular.

Como inconvenientes hay sin embargo que mencionar:

- Elevado nivel de ruido.
- Mayor incremento TDS en la alimentación respecto a otros sistemas.

Para calcular el número de ERIs necesarios por línea de primer paso de ósmosis se utiliza el software disponible en la página web del fabricante. Introduciendo las características del agua de alimentación, permeado y rechazo se estiman necesarios un total de 264 recuperadores de energía, esto es, 11 por línea.



Esquema diseño ERI

Por último, se calcula también la potencia necesaria para las bombas booster de manera homóloga a como se estimó la de las bombas de alta presión vistas en el punto anterior.

Caudal de bombeo:	17.927,7 m3/h
Nº de bombas en operación:	24
Nº de bombas en reserva:	2
Caudal unitario:	746,99 m3/h

La presión de trabajo adoptada es la siguiente:

Perdida carga en bastidor	3 bar
Perdida de carga en tuberías	1 bar
Presión diferencial	4,0 bar
Altura manométrica máxima	40,00 m.c.a



Se adoptan bombas de caudal: 

747
-----

 m<sup>3</sup>/h  
 y altura manométrica: 

40,0
------

 m.c.a.

Cálculo aproximado de la potencia de motor

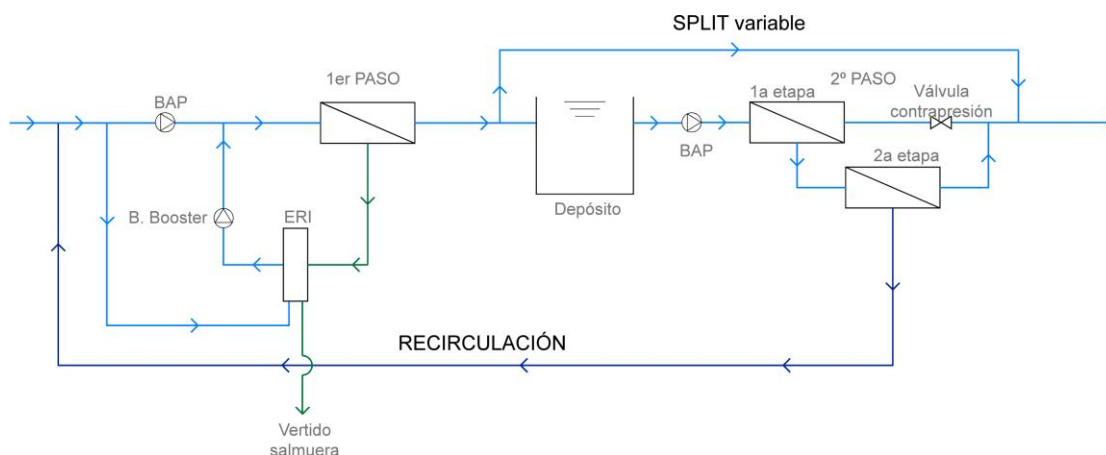
Rendimiento motor	0,95	
Rendimiento bomba	0,85	
densidad fluido	1,03	
Potencia absorbida	103,8	Kw-h aproximadamente
Potencia motor adop.	110	KW

Bomba Booster	Nº de bombas	Potencia absorbida (Kw)	Potencia adoptada (Kw)
	24 + 2	103,8	110

#### 4.5.3. Recirculación

La presión del rechazo de la segunda etapa del segundo paso es muy baja, por lo que no compensa emplearla en el proceso de recuperación de energía. Sin embargo, debido a que este rechazo ha pasado previamente por el primer paso de ósmosis, la concentración de sales es suficientemente baja como para poder recircularlo hasta la alimentación principal de la ósmosis mejorando, mediante dilución, la calidad del agua a tratar.

El caudal de recirculación varía en función del porcentaje de *split* que se aplique al proceso. Por tanto, y para mantener una producción constante de agua, cuanto mayor sea el *split* (proceso que se explica a continuación), menor es el caudal a bombear desde la captación.



Esquema recirculación

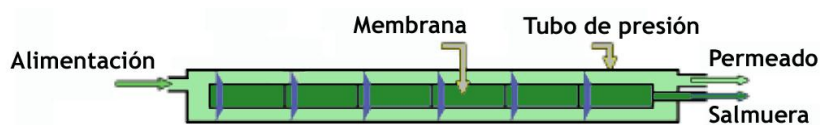
#### 4.5.4. Split

Se conoce como split a la derivación de caudal que se realiza al permeado del primer paso y que no se hace pasar por el segundo, juntándose posteriormente con el producto del segundo paso. Así se consigue reducir el consumo eléctrico de las bombas de alta presión del segundo paso.

La calidad del agua producto varia en función de la temperatura de operación, de manera que mejora cuando disminuye la temperatura. De esta forma, y asegurando siempre el cumplimiento de los requisitos mínimos exigidos en el agua producto, se podrá modificar el caudal que circula por el *split*.

#### 4.5.5. Bastidores de ósmosis inversa

Se define como bastidor al conjunto de módulos alimentados por una única bomba de alta presión. Cada módulo está formado por un conjunto de membranas montadas en serie en un único tubo de presión. Por tanto los elementos principales que componen cada bastidor son: bomba, tuberías, tubos de presión y elementos de membrana.



Esquema tubo de membranas ósmosis inversa

Debido a los requisitos mínimos exigidos en el agua producto es necesario diseñar dos pasos de ósmosis. El doble paso de ósmosis se realiza cuando se pretende mejorar la calidad del agua producto, de manera que el permeado del primer paso se hace pasar por un segundo proceso de ósmosis.



Bastidor de ósmosis inversa.

Al tratarse de una planta de gran capacidad, es necesario optimizar la conversión del sistema, es decir, que el caudal de agua producto de la ósmosis inversa sea el mayor posible. Dado que el segundo paso reduce la conversión global del sistema, este se diseña con dos etapas para aprovechar el rechazo de la primera de ellas.

La conversión del primer paso es de un 45%, mientras que la conversión del segundo es del 90%. La planta se ha dividido en dos trenes independientes, para el primer paso de cada uno

de ellos se han diseñado 12 líneas (bastidores). El flujo de operación de las membranas de este primer paso, de 8", es de 14 L/m<sup>2</sup>·h. El segundo paso está compuesto por 6 líneas (bastidores) por cada tren, con un flujo de operación de 37 L/m<sup>2</sup>·h. Entre ambos pasos se sitúa un depósito intermedio de 1.300 m<sup>3</sup>, volumen calculado para un tiempo de retención de 10 minutos.

Al tratarse de un doble paso de ósmosis, no es necesario emplear membranas de alta eliminación de boro, lo cual incrementaría de manera considerable el consumo de las bombas de alta presión del primer paso. En su lugar se emplean membranas convencionales para agua salada en el primer paso, y membranas para agua salobre en el segundo paso.

Para la elección del tipo de membranas se ha utilizado el software facilitado por la marca comercial Hydranautics, realizándose proyecciones en las condiciones más desfavorables para distintos modelos de membranas. Así se ha elegido el tipo SWC5 para el primer paso y ESPABMAX para el segundo. Las características de ambas se resumen en el siguiente cuadro:

	Membrana	Tipo	Tamaño m <sup>2</sup>	Flujo específico L /m <sup>2</sup> ·h.	Número líneas	Número tubos/línea	Número membranas total
Paso 1	SWC 5	Agua de mar	37	14	24	170	28.560
Paso 2	ESPABMAX	Agua salobre	40	37	12	68 : 30	8.232

El número de tubos por bastidor se determina a partir de los caudales producidos por línea, tanto para el primer como para el segundo paso, fijando en 7 el número de membranas por tubo.

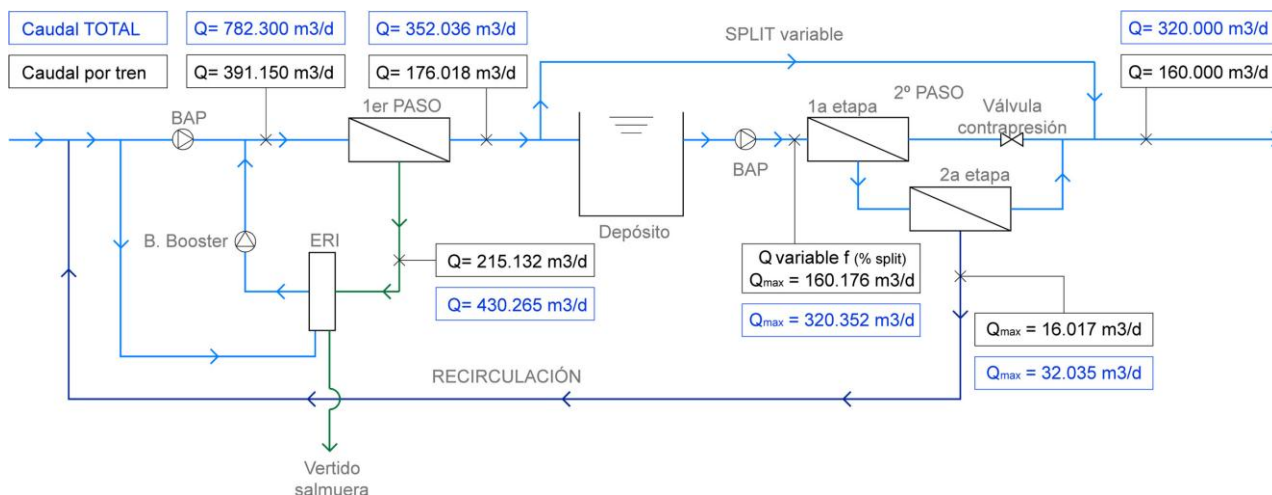


Diagrama caudales ósmosis inversa

## 4.6. Remineralización

El agua producto de la ósmosis inversa tiene muy baja concentración de sales y pH ácido (en torno a 6), por lo que es necesario añadir al agua las características que la hagan de utilidad en función del uso esperado, ya sea este agrícola o para consumo humano.

Los requerimientos del agua producto determinan los valores máximos admisibles relativos al índice de Langelier y a la dureza. El primer parámetro determina el carácter incrustante o corrosivo del agua mientras que el segundo determina la concentración de compuestos minerales. Ambos están directamente relacionados con el pH del agua y regulados por el RD 140/2003 que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. El proceso de remineralización eleva el pH del agua producto del proceso de ósmosis inversa hasta valores comprendido entre 6,5 y 9, de modo que se cumpla lo exigido por dicho real decreto.

Valores máximos admisibles	
Boro	0,5 ppm
Cloruros	30 ppm
TDS	300 ppm
pH	7,8-8,5

Índice de Langelier	0-0,5
Dureza (ppm CaCO <sub>3</sub> )	80-120 ppm
Turbidez	0,5 NTU

El artículo número 5 del RD 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, dice: “*El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia. A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I.*”

#### A. Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. Escherichia coli .....	0 UFC en 100 ml	1 y 2
2. Enterococo .....	0 UFC en 100 ml	
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas) ..	0 UFC en 100 ml	

#### Notas:

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, «Cryptosporidium» u otros microorganismos o parásitos.

(2) Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar «Clostridium» sulfito reductor en vez de «Clostridium perfringens». Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.

#### B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
28. Acrilamida .....	0,10 µg/l	1
29. Epiclorhidrina .....	0,10 µg/l	1
30. Cloruro de vinilo .....	0,50 µg/l	1

#### Nota:

(1) Estos valores paramétricos corresponden a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.

La empresa que comercialice estos productos presentará a los gestores del abastecimiento y a los instaladores de las instalaciones interiores la documentación que acredite la migración máxima del producto comercial en contacto con el agua de consumo utilizado según las especificaciones de uso del fabricante.

**B.1 Parámetros químicos**

Parámetro	Valor paramétrico	Notas	Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio .....	5,0 µg/l		25. Selenio .....	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	10,0 µg/l		26. Trihalometanos (THMs):		7 y 8
5. Arsénico .....	10 µg/l		Suma de: .....		
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l		A partir de 01/01/2009	100 µg/l	
6. Benceno .....	1,0 µg/l		De 01/01/2004 a		
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l		31/12/2008 .....	150 µg/l	
7. Benzo(α)pireno .....	0,010 µg/l		Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
8. Boro .....	1,0 mg/l		Bromodiclorometano ...	µg/l	
9. Bromato:			Bromoformo .....	µg/l	
A partir de 01/01/2009	10 µg/l		Cloroformo .....	µg/l	
De 01/01/2004 a			Dibromoclorometano ...	µg/l	
31/12/2008 .....	25 µg/l		1 27. Tricloroeteno + Tetracloroeteno .....	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l		Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
10. Cadmio .....	5,0 µg/l		Tetracloroeteno .....	µg/l	
11. Cianuro .....	50 µg/l		Tricloroeteno .....	µg/l	
12. Cobre .....	2,0 mg/l				
13. Cromo .....	50 µg/l				
14. 1,2-Dicloroetano .....	3,0 µg/l				
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l				
15. Fluoruro .....	1,5 mg/l				
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA) ...	0,10 µg/l				
Suma de:					
Benzo(b)fluoranteno ....	µg/l				
Benzo(ghi)perileno .....	µg/l				
Benzo(k)fluoranteno ....	µg/l				
Indeno(1,2,3-cd)pireno ..	µg/l				
17. Mercurio .....	1,0 µg/l				
18. Microcistina .....	1 µg/l				
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l				
19. Níquel .....	20 µg/l				
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l				
20. Nitrito .....	50 mg/l				
21. Nitritos:					
Red de distribución .....	0,5 mg/l				
En la salida de la ETAP/depósito .....	0,1 mg/l				
22. Total de plaguicidas .....	0,50 µg/l				
23. Plaguicida individual .....	0,10 µg/l				
Excepto para los casos de:					
Aldrín .....	0,03 µg/l				
Dieldrín .....	0,03 µg/l				
Heptacloro .....	0,03 µg/l				
Heptacloro epóxido .....	0,03 µg/l				
24. Plomo:					
A partir de 01/01/2014	10 µg/l				
De 01/01/2004 a					
31/12/2013 .....	25 µg/l				
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l				

**Notas:**

(1) Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinará al menos a la salida de la ETAP.

(2) Sólo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la captación, se realizará determinación de microcistina a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(3) Se cumplirá la condición de que  $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 < 1$ . Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y para el nitrito ( $\text{NO}_2$ ).

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche puedan estar presentes en el agua.

(6) Las comunidades autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo que puedan estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.

(7) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro, se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(8) En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

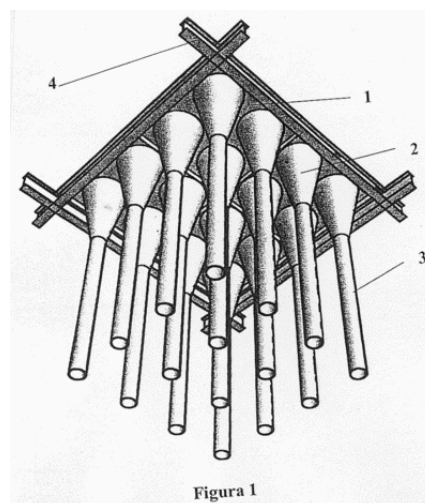
El proceso de remineralización puede realizarse mediante la adición de lechada de cal, o bien, como en este caso, mediante lechos de calcita.

LECHADA DE CAL	
Ventajas	Inconvenientes
Tecnología ampliamente probada Sistema sencillo de operar Cal en silos Control de productos químicos Menor superficie que lechos de calcita	Precipitaciones e incrustaciones Necesita saturadotes de cal Frecuentes limpiezas del sistema Consumo excesivo de CO <sub>2</sub> Dosis de Ca(OH) <sub>2</sub> variable Oscilaciones en la calidad del agua
LECHOS DE CALCITA	
Ventajas	Inconvenientes
No hay riesgo de Infra o sobredosificación Procedimiento muy sencillo (similar a los lechos filtrantes) Coste de operación reducido Baja turbidez	No es posible regular cantidad de reactivo No mucha aplicación en plantas grandes Cierta riesgo de atascamiento y ensuciamiento Mayor superficie que saturadotes de cal Complicado manejo de calcita en plantas grandes.

Los lechos están compuestos por la propia calcita, que se va consumiendo con el paso del agua, de manera que es necesario ir rellenando los filtros y repartiendo la calcita, operación que en plantas grandes puede resultar algo compleja.

A medida que se consume la calcita, las celdas se van rellenando con calcita nueva, la cual se reparte desde un compartimento superior mediante conos de reparto.





Lechos de calcita

La dureza máxima admisible es de 80 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , por lo que, sabiendo que 10 ppm de  $\text{CaCO}_3$  equivalen a 1°F, la dureza deseada es de 8°F. Para la dosificación de calcita se añadirán 8 ppm de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por cada grado francés (°F), por lo que es necesario dosificar 64 ppm de  $\text{CaCO}_3$ . La dosificación de  $\text{CO}_2$  es de 0,44 veces la dosis de  $\text{CaCO}_3$ . Por otra parte, la turbidez del agua producto no debe superar 0,5NTU, por lo que es necesario ajustar la velocidad ascensional en los lechos.

**Diseño**

Caudal a tratar	320.000	$\text{m}^3/\text{d}$
Caudal a tratar	13.333	$\text{m}^3/\text{h}$

Dureza deseada en agua producto	8,00	°F
Dosis $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$	64	ppm
Dosis $\text{CO}_2$	28,16	ppm
Consumo de $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$	853,33	kg/h
	20.480,00	kg/día

**Dimensiones y N° Celdas**

Anchura	3	m
Longitud	8	m
Área por celda	24	$\text{m}^2$
Velocidad ascensional	11	m/h



Superficie total necesaria	1212,12	m <sup>2</sup>
Nº de celdas necesarias	50,51	uds
Nº de celdas adoptadas	52,00	uds
Caudal por celda	256,4102564	m <sup>3</sup> /h

Altura del lecho		
Tiempo de contacto	10	min
Volumen de celda necesaria	42,74	m <sup>3</sup>
Altura de celda	1,78	m
Altura de celda adoptada	2	m

## 4.7. Vertido

En la planta desaladora se producen dos tipos vertidos de características muy diferentes. El primer tipo agrupa los subproductos de limpieza de los filtros de anillas y la ultrafiltración. Este vertido, debido a su elevada concentración de productos químicos, materia orgánica e inorgánica, deberá ser tratado adecuadamente en la depuradora antes de su emisión al medio.

El otro vertido es la salmuera procedente del primer paso de la ósmosis inversa. La concentración de sales en ella es muy elevada y es recomendable que su vertido al mar se realice previa dilución con agua de mar, o bien a través de difusores mediante un emisario submarino lo suficientemente alejado de la costa.

Ante este vertido, se emplea la fanerógama marina “Posidonia oceánica”, como indicador ambiental, debido a su sensibilidad ante los incrementos de salinidad, de forma que si un vertido debiera realizarse en sus proximidades, la salinidad en la pradera no debe superar 38,5psu en más del 25% de las observaciones, y 40psu en más del 5% de las observaciones.

El proceso de vertido mediante dilución previa presenta el gran inconveniente de precisar energía eléctrica para transportar agua de mar hasta el punto de dilución. En cambio, no necesita la construcción de emisarios submarinos de gran diámetro y de hasta varios cientos de metros de longitud, debiéndose tomar la precaución de que los difusores instalados estén correctamente diseñados y dimensionados de manera que se logre la dilución requerida.



Emisario submarino difusores simple

## 5. Estudio de explotación

Para el cálculo de los costes relacionados con la explotación de la planta se consideran 330 días de producción al año y se diferencia entre gastos fijos y variables. Es importante subrayar que la energía es el factor más importante a considerar en ambos casos, pues el término fijo de potencia representa el mayor coste de entre los fijos mientras que la energía en sí misma supone el desembolso anual más elevado de entre los costes variables.

### - Costes fijos:

Engloban los siguientes capítulos:

- Personal: Supone el coste fijo más elevado, sólo superado por el término de potencia. Dado el tamaño de la planta se considera necesario contar con un elevado número de operadores (24) que garanticen el buen funcionamiento de la instalación.
- Mantenimiento y conservación: Dentro de este capítulo se engloban tanto las actividades de conservación de equipos mecánicos y eléctricos como de la propia obra civil. Todas ellas son fundamentales para optimizar la vida útil de la instalación.
- Reposición de material fungible: Incluye aquellos productos y elementos que se consumen y reponen de acuerdo a la actividad de la planta.
- Reposición de membranas: Tanto las de primer y segundo paso de ósmosis inversa como las de ultrafiltración se reponen de acuerdo a su desgaste así como a una tasa anual prefijada por el fabricante para garantizar su correcto funcionamiento (término fijo). En cualquier caso, la edad máxima de las membranas de ósmosis inversa será de 3,6 años.
- Administración y varios: Incluye gastos de oficina así como aquellos relacionados con seguridad y salud, entre otros.
- Análisis de aguas: Para cumplir con lo establecido en el Real Decreto 140/2003 es preciso llevar a cabo una serie de análisis que garanticen que las características del agua producto están dentro de los límites indicados en dicha norma.

- Plan de vigilancia ambiental: Como parte del mismo se llevarán a cabo distintas campañas de control y medición tanto de las características del efluente vertido como del ruido producido por la propia actividad de la planta.

- Seguros: Incluye todos los necesarios para una instalación de estas características.

- Término fijo de potencia: Como se ha indicado anteriormente supone el mayor coste de entre los fijos.

**Resumen de gastos fijos**

Personal	1.095.600,00	Euros/año
Mantenimiento y conservación (t. fijo)	683.300,00	Euros/año
Reposición de material fungible	50.000,00	Euros/año
Reposición de membranas primer paso	239.904,00	Euros/año
Reposición de membranas segundo paso	46.099,20	Euros/año
Reposición de membranas UF	76.500,00	Euros/año
Administración y varios	60.000,00	Euros/año
Plan de vigilancia ambiental	90.000,00	Euros/año
Seguros	400.000,00	Euros/año
Análisis de aguas	150.000,00	Euros/año
Término fijo de potencia	1.500.000,00	Euros/año
<b>TOTAL</b>	<b>4.391.403,20</b>	<b>Euros/año</b>

**- Costes variables**

Son aquellos que dependen exclusivamente de la cantidad de agua desalada y que se producen únicamente si la planta está en funcionamiento. Engloban los siguientes capítulos:

- Reactivos químicos: Se consideran tanto los utilizados en el pretratamiento como los empleados en la remineralización y en el tratamiento de efluentes.
- Tratamiento de fangos: Incluye los costes derivados del tratamiento de los efluentes de los diferentes pretratamientos.
- Limpieza y reposición de membranas: Engloba el coste de recambio de membranas relacionado con el desgaste derivado de su uso (término variable) tanto para las de ósmosis inversa como para las de ultrafiltración.
- Energía: Considerando el consumo específico de la planta y el precio del kilowatio-hora se obtiene el coste total de la energía que, como se ha indicado anteriormente, suponer el coste más elevado de entre los variables y de toda la planta.

**Costes variables:**

Coste total reactivos	4.820.320	Euros/año
Gastos de tratamiento de fangos	1.056.000	Euros/año
Gastos de limpieza de membranas	211.200	Euros/año
Gastos reposición de membranas OI	1.144.013	Euros/año
Coste total reposición UF	688.500	Euros/año
<b>TOTAL SIN ENERGÍA</b>	<b>7.920.033</b>	<b>Euros/año</b>
Costes Energéticos	35.739.704	Euros/año
<b>TOTAL CON ENERGÍA</b>	<b>43.659.737</b>	<b>Euros/año</b>

Una vez definidos todos los costes y considerando el caudal anual producido es posible determinar el precio por metro cúbico de agua producto que en este caso asciende a **0.435 euros**.

## 6. Resultados y conclusiones

### 6.1. Resultados

A nivel global destacan, entre otros, los siguientes aspectos:

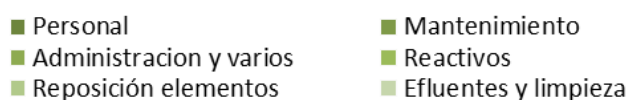
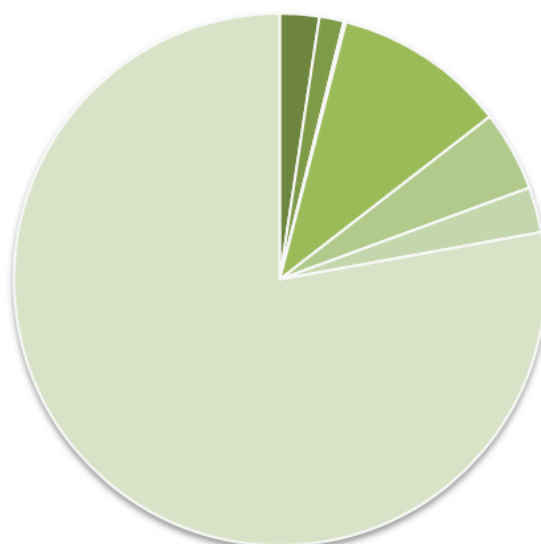
- La tendencia actual en el mundo en el ámbito de la desalación es la construcción de plantas de gran capacidad para los distintos usos del agua. Esto está provocando una inversión en el modo de abastecimiento de los países, que ya no ocurrirá del interior al exterior, es decir de las montañas a la costa, si no de la costa a las montañas.
- La calidad requerida en el agua producto es cada vez más exigente, lo que conlleva una mayor complejidad en los sistemas de desalación incluyendo múltiples pasos de ósmosis inversa, mejores pretratamientos físicos y dosificación de químicos entre otros procesos y tecnologías.
- Por el anterior motivo se está incrementando la utilización de pretratamientos más eficaces como la ultrafiltración. El desarrollo de esta tecnología implica una reducción en la superficie de la planta, en el coste del proceso y una mejor calidad del agua tratada.

En cuanto a la instalación diseñada destacan los siguientes puntos:

- La planta, debido a su gran tamaño, se divide en dos trenes principales. Esto garantiza el funcionamiento de al menos una parte de la planta ante cualquier problema o avería.
- Se opta por un pretratamiento del agua mediante ultrafiltración por los motivos explicados en el punto anterior.
- Para la optimización de la ósmosis inversa se diseña un proceso de dos pasos, el segundo de los cuales cuenta con dos etapas. Con la adopción de este sistema de tratamiento se busca conseguir:
  - Alcanzar, mediante los dos pasos, la alta calidad demandada en el agua producto.
  - Conseguir, mediante la doble etapa, una adecuada conversión global del proceso.

- La elección de las membranas de ósmosis se lleva a cabo teniendo en cuenta los requerimientos del agua producto y buscando minimizar la energía consumida por las bombas de alta presión.
- El diseño de la planta está dirigido a optimizar el consumo energético lo máximo posible. Así, se ajustan las distintas bombas de la instalación al caudal y a la presión necesarias para cada proceso. El consumo específico total asciende a 3,76 Kw•h/m<sup>3</sup>.
- Los costes totales, fijos más variables, se distribuyen de la siguiente manera:

	€/AÑO	%
Personal	1.095.600,00	2,39%
Mantenimiento	683.300,00	1,49%
Administración y varios	60.000,00	0,13%
Reactivos	4.820.320,06	10,50%
Reposición elementos	2.245.016,00	4,89%
Efluentes y limpieza	1.267.200,00	2,76%
Energía	35.739.704,05	77,85%
<b>TOTAL</b>	<b>45.911.140</b>	<b>100,00%</b>
<b>COSTE ESPECÍFICO TOTAL:</b>	<b>0,435</b>	<b>Euros/m<sup>3</sup></b>



## 6.2. Conclusiones

La tecnología de desalación por ósmosis inversa fomenta el ahorro y la eficiencia en el uso del agua, permitiendo la explotación de un recurso antes no aprovechable como es el agua de mar. Así, es posible mejorar la disponibilidad y la calidad en el suministro de áreas en las que el agua superficial aprovechable para consumo humano es limitada como, por ejemplo, la mediterránea. En estas zonas suelen confluír diversos factores que favorecen el empleo de la desalinización como son una población elevada, gran actividad turística y elevada demanda para regadío agrícola.

El agua tiene una enorme importancia económica, social y ambiental, lo que hace de la desalación un elemento fundamental dentro las políticas hídricas de los distintos países. Además, se estima que el 75% de la población mundial vive a menos de 100 kilómetros de la costa, lo que magnifica las posibilidades que esta tecnología ofrece para garantizar el suministro de agua potable de calidad a una población en constante crecimiento. A día de hoy se producen 36 millones de metros cúbicos de agua al día en plantas desaladoras, suficiente para abastecer a una población de 180 millones de habitantes.

El desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de la desalación están enfocadas a minimizar el consumo energético de las plantas, crítica que tradicionalmente acompaña a estas instalaciones. Así los pretratamientos a la ósmosis inversa ganan en eficiencia de la misma manera que las membranas mejoran en calidad y durabilidad, permitiendo reducir la potencia de los bombeos que impulsan el agua hasta ella. La tendencia actual se inclina además por plantas de gran capacidad, capaces de hacer frente de manera más eficaz a la demanda creciente de agua y de minimizar los costes a repercutir en el metro cúbico de agua producida.

## 7. Bibliografía

- Ósmosis inversa y ultrafiltración:
  - Web Hydranautics: <http://www.membranes.com/>
  - Web Dow: <http://www.dow.com/>
  
- Filtros de anillas:



- Web Arkal; <http://www.arkal-filters.com/>
  
- Recuperadores de energía:
  - Web ERI: <http://www.energyrecovery.com/>
  
- Apuntes de clase sobre desalación:
  - Aitor Díaz Pérez
  - Gabriela Mañueco Pfeiffer
  - Jose Luis Pérez Talavera
  
- Artículos de prensa:
  - Nueva tribuna > “¿Es la desalación el futuro del agua en el mundo?”: <http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/-es-la-desalacion-el-futuro-del-agua-en-el-mundo/20110723190425058416.html>
  
  - Web iAgua > “Ángel Cajigas: En el mundo hay 16.000 desaladoras funcionando, no puede estar tanta gente equivocada”: <http://www.iagua.es/noticias/angel-cajigas/12/06/27/mundo-hay-mas-16000-desaladoras-tanta-gente-equivocada-18392>
  
- Otros documentos:
  - “El boro en las aguas desaladas. Situación actual y planteamiento de soluciones”. M. Rodrigo y B. Peñate. Instituto Tecnológico de Canarias.
  
  - “Presente y futuro de los pretratamientos: Evolución de uno de los retos clave en las grandes desaladoras”. A. Casado Sola y A. Letona Cabriada.
  
  - “Guía de desalación: Aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano”. Informes, estudios e investigación 2009. Ministerio de Sanidad y Política Social.
  
  - “La desalinización en España”. ICEX - Instituto de Comercio Exterior.
  
  - “El agua: Un recurso indispensable”. J.Fernández Crespo y P.Garcés Andreu. Acción contra el Hambre
  
- Normativa:

- Real Decreto 140/2003
- Real Decreto 01/2001
  
- Programas empleados en el cálculo de la IDAM:
  - IMS design (Hydranautics)
  - ERI Power Model (ERI)

## ANEXO I

# Proyecciones Ósmosis Inversa

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2221,1	m3/hr			
Caudal bomba alta pres.:	5360,6	1906,6	m3/hr	Caudal de Permeado:	2412,00	1716,00	m3/hr
Presión Alim.:	60,9	14,3	bar	Caudal agua cruda:		5169,3	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		16,0	C(61F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	8,10		Recup. total sistema:		43,0	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	0,9		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,6 30,6 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2412,3	7,9	4,3	13,6	1,02	59,7	0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1219,7	14,0	5,1	31,3	1,20	11,9	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	496,5	11,5	3,2	28,9	1,29	10,0	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,5	21,3	0,130	0,0	775,0	38,7
Mg	1499,0	123,4	1446,4	119,0	0,441	0,0	2628,2	216,3
Na	12178,0	529,5	11772,1	511,8	17,844	0,8	21342,5	927,9
K	671,0	17,2	649,0	16,6	1,243	0,0	1175,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,139	0,1	0,002	0,0	11,155	0,3
CO3	13,8	0,5	16,2	0,5	0,002	0,0	35,3	1,2
HCO3	163,3	2,7	157,5	2,6	0,416	0,0	277,7	4,6
SO4	3056,0	63,7	2948,8	61,4	0,973	0,0	5358,1	111,6
Cl	22161,6	625,2	21418,0	604,2	29,168	0,8	38841,4	1095,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,025	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,53		0,448		9,30	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,97		0,73		0,19		0,04	
TDS	40206,7		38850,6		50,70		70462,4	
pH	8,10		8,10		7,20		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	25%	24%	50%
SrSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
BaSO4 / Ksp * 100:	32%	30%	62%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,13	1,09	1,51
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,21	0,18	0,52
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	28,4 bar	27,5 bar	49,8 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres.: 5360,6 1906,6 m3/hr  
 Presión Alim.: 60,9 14,3 bar  
 Temp. Agua Alim.: 16,0 C(61F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 8,10  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 0,9

Caudal mezcla: 2221,1 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2412,00 1716,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5169,3 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 43,0 %  
 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 0,80 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,6 30,6 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim.	Conc.	Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones	Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo	
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2412,3	7,9	4,3	13,6	1,02	59,7	0,0	210,5	SWC5	4760	680x7
2-1	1219,7	14,0	5,1	31,3	1,20	11,9	2,0	1,9	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	496,5	11,5	3,2	28,9	1,29	10,0	0,0	6,0	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en SrSO4	Concentrado BaSO4	SiO2	Lang.
1-1	1	60,9	0,2	0,9	23,5	1,04	91,6	30,9	27	24	35	1	1,7
1-1	2	60,6	0,2	0,7	19,7	1,04	105,7	34,5	31	28	40	1	1,8
1-1	3	60,4	0,2	0,6	16,1	1,03	122,1	38,1	36	32	45	1	1,9
1-1	4	60,2	0,2	0,5	12,8	1,03	140,8	41,6	40	35	50	1	1,9
1-1	5	60,0	0,1	0,4	10,0	1,02	161,8	44,8	44	39	55	1	2,0
1-1	6	59,9	0,1	0,3	7,6	1,02	185,4	47,5	47	42	59	1	2,0
1-1	7	59,8	0,1	0,2	5,8	1,02	211,5	49,9	50	44	62	1	2,0
2-1	1	14,3	0,6	1,5	36,0	1,10	1,2	0,2	0	0	0	0	-3,3
2-1	2	13,7	0,5	1,4	33,6	1,10	1,3	0,2	0	0	0	0	-3,2
2-1	3	13,3	0,4	1,3	32,2	1,12	1,4	0,2	0	0	0	0	-3,0
2-1	4	12,9	0,3	1,3	31,1	1,13	1,5	0,3	0	0	0	0	-2,9
2-1	5	12,5	0,3	1,2	30,0	1,15	1,6	0,3	0	0	0	0	-2,7
2-1	6	12,3	0,2	1,2	29,1	1,17	1,7	0,4	0	0	0	0	-2,5
2-1	7	12,0	0,2	1,2	28,4	1,21	1,9	0,4	0	0	0	0	-2,2
2-2	1	11,7	0,4	1,3	32,6	1,12	1,9	0,5	0	0	0	0	-2,0
2-2	2	11,3	0,3	1,3	31,2	1,10	2,0	0,6	0	0	0	0	-1,9
2-2	3	10,9	0,3	1,2	30,0	1,15	2,1	0,7	0	0	0	0	-1,7
2-2	4	10,6	0,2	1,2	29,0	1,17	2,3	0,8	0	0	0	0	-1,5
2-2	5	10,4	0,2	1,1	27,9	1,19	2,5	1,0	0	0	0	0	-1,2
2-2	6	10,2	0,1	1,1	26,8	1,24	2,7	1,2	0	0	0	0	-0,9
2-2	7	10,1	0,1	1,0	25,4	1,30	3,1	1,6	0	0	0	0	-0,6

Etapa	PND bar
1-1	21,9
2-1	10,8
2-2	9,9

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2412,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5360,6 m3/hr Caudal agua cruda: 5169,3 m3/hr

Presión Alim.: 60,9 bar Tasa recuperación perm: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 16,0 C(61F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 0,80  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,6 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2412,3	7,9	4,3	13,6	1,02	59,7	0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,5	21,3	0,57	0,0	775,0	38,7
Mg	1499,0	123,4	1446,4	119,0	1,92	0,0	2628,2	216,3
Na	12178,0	529,5	11772,1	511,8	74,99	0,8	21342,5	927,9
K	671,0	17,2	649,0	16,6	5,17	0,0	1175,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,139	0,1	0,008	0,000	11,155	0,3
CO3	13,8	0,5	16,2	0,5	0,00	0,0	35,3	1,2
HCO3	163,3	2,7	157,5	2,6	1,61	0,0	277,7	4,6
SO4	3056,0	63,7	2948,8	61,4	4,23	0,0	5358,1	111,6
Cl	22161,6	625,2	21418,0	604,2	122,74	0,8	38841,4	1095,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,08	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,53		0,91		9,30	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,97		0,73		0,73		0,73	
TDS	40206,7		38850,6		212,3		70462,4	
pH	8,10		8,10		6,60		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	25%	24%	50%
SrSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
BaSO4 / Ksp * 100:	32%	30%	62%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,13	1,09	1,51
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,21	0,18	0,52
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	28,4 bar	27,5 bar	49,8 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal de Permeado:	1716,00 m3/hr
Presión Alim.:	14,3 bar	Tasa recuperación perm:	90,0 %
Temp. Agua Alim.:	16,0 C(61F)	Edad de las Membranas:	3,6 años
pH Agua Alim.:	8,10	Disminución flux %/año:	0,0 %
Dosis Químico, ppm (100%)	0,9 NaOH	Factor de Ensuciamiento:	1,00
		Incremento paso sales, %/año:	0,0

Flux promedio: 30,6 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1219,7	14,0	5,1	31,3	1,21	11,9	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	496,5	11,5	3,2	28,9	1,30	10,0	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,6	0,0	0,6	0,0	0,002	0,0	5,7	0,3
Mg	1,9	0,2	1,9	0,2	0,005	0,0	19,2	1,6
Na	75,0	3,3	75,0	3,3	1,017	0,0	740,7	32,2
K	5,2	0,1	5,2	0,1	0,087	0,0	50,9	1,3
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,008	0,0	0,008	0,0	0,000	0,0	0,081	0,0
CO3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	1,1	0,0
HCO3	1,6	0,0	2,6	0,0	0,061	0,0	24,5	0,4
SO4	4,2	0,1	4,2	0,1	0,014	0,0	42,2	0,9
Cl	122,7	3,5	122,7	3,5	1,614	0,0	1212,8	34,2
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,008	0,0	0,8	0,0
B	0,91		0,91		0,31		6,35	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,0	
CO2	0,73		0,04		0,04		0,04	
TDS	212,3		213,2		3,12		2104,4	
pH	6,6		8,10		6,48		9,07	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-5,18	-3,48	-0,57
Indice Sat. de Stiff & Davis	-5,20	-3,50	-0,64
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,04
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	1,6 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2222,0	m3/hr			
Caudal bomba alta pres:	5316,1	1697,7	m3/hr	Caudal de Permeado:	2392,00	1528,00	m3/hr
Presión Alim.:	57,1	13,2	bar	Caudal agua cruda:		5145,8	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		16,0	C(61F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	8,10		Recup. total sistema:		43,2	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	0,8		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,6 27,5 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2392,3	7,9	4,3	13,6	1,01	56,0	0,0	SWC5	4732	676x7
2-1	965,3	14,1	6,1	28,1	1,15	10,6	2,0	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	562,9	9,9	2,3	26,6	1,37	9,1	0,0	ESPAB MAX	518	74x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	428,0	21,3	0,134	0,0	777,9	38,8
Mg	1499,0	123,4	1451,6	119,5	0,455	0,0	2638,1	217,1
Na	12178,0	529,5	11807,4	513,4	18,199	0,8	21421,8	931,4
K	671,0	17,2	650,8	16,7	1,263	0,0	1180,1	30,3
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,161	0,1	0,002	0,0	11,196	0,3
CO3	13,8	0,5	16,1	0,5	0,002	0,0	35,3	1,2
HCO3	163,3	2,7	157,4	2,6	0,419	0,0	277,7	4,6
SO4	3056,0	63,7	2959,4	61,7	1,002	0,0	5378,2	112,0
Cl	22161,6	625,2	21483,8	606,0	29,757	0,8	38986,0	1099,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,024	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,47		0,386		9,39	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,97		0,73		0,25		0,03	
TDS	40206,7		38970,7		51,65		70723,8	
pH	8,10		8,10		7,21		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	25%	24%	50%
SrSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
BaSO4 / Ksp * 100:	32%	30%	63%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,13	1,09	1,51
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,21	0,18	0,53
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	28,4 bar	27,6 bar	50,0 bar



## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres.: 5316,1 1697,7 m3/hr  
 Presión Alim.: 57,1 13,2 bar  
 Temp. Agua Alim.: 16,0 C(61F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 8,10  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 0,8

Caudal mezcla: 2222,0 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2392,00 1528,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5145,8 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 43,2 %  
 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,6 27,5 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim.	Conc.	Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones	Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo	
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2392,3	7,9	4,3	13,6	1,01	56,0	0,0	158,4	SWC5	4732	676x7
2-1	965,3	14,1	6,1	28,1	1,15	10,6	2,0	1,6	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	562,9	9,9	2,3	26,6	1,37	9,1	0,0	4,1	ESPAB MAX	518	74x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado SrSO4	BaSO4	SiO2	Lang.
1-1	1	57,1	0,2	1,0	26,3	1,05	61,3	31,5	28	25	36	1	1,7
1-1	2	56,9	0,2	0,8	21,0	1,04	72,6	35,5	33	29	41	1	1,8
1-1	3	56,7	0,2	0,6	16,2	1,03	86,0	39,3	37	33	47	1	1,9
1-1	4	56,5	0,2	0,5	12,2	1,02	101,3	42,9	41	37	52	1	1,9
1-1	5	56,4	0,1	0,3	8,7	1,02	119,1	45,8	45	40	56	1	2,0
1-1	6	56,2	0,1	0,2	6,3	1,02	138,3	48,1	48	43	60	1	2,0
1-1	7	56,1	0,1	0,2	4,6	1,01	159,2	50,0	50	45	63	1	2,0
2-1	1	13,2	0,6	1,3	32,6	1,09	1,0	0,1	0	0	0	0	-3,5
2-1	2	12,6	0,5	1,2	30,5	1,10	1,1	0,1	0	0	0	0	-3,4
2-1	3	12,1	0,4	1,2	29,1	1,10	1,2	0,2	0	0	0	0	-3,3
2-1	4	11,7	0,4	1,1	27,8	1,11	1,3	0,2	0	0	0	0	-3,1
2-1	5	11,3	0,3	1,1	26,8	1,12	1,4	0,2	0	0	0	0	-3,0
2-1	6	11,0	0,3	1,1	25,8	1,13	1,5	0,2	0	0	0	0	-2,8
2-1	7	10,8	0,2	1,0	25,0	1,15	1,6	0,3	0	0	0	0	-2,6
2-2	1	10,4	0,3	1,2	29,4	1,12	1,7	0,3	0	0	0	0	-2,4
2-2	2	10,0	0,3	1,2	28,4	1,10	1,7	0,4	0	0	0	0	-2,3
2-2	3	9,8	0,2	1,1	27,5	1,16	1,8	0,4	0	0	0	0	-2,1
2-2	4	9,5	0,2	1,1	26,6	1,18	1,9	0,5	0	0	0	0	-1,8
2-2	5	9,4	0,1	1,1	25,8	1,22	2,0	0,6	0	0	0	0	-1,5
2-2	6	9,2	0,1	1,0	24,9	1,28	2,2	0,8	0	0	0	0	-1,2
2-2	7	9,1	0,1	1,0	23,8	1,38	2,6	1,2	0	0	0	0	-0,8

Etapa	PND bar
1-1	17,9
2-1	9,7
2-2	9,1

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2392,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5316,1 m3/hr Caudal agua cruda: 5145,8 m3/hr

Presión Alim.: 57,1 bar Tasa recuperación perm.: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 16,0 C(61F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,6 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2392,3	7,9	4,3	13,6	1,01	56,0	0,0	SWC5	4732	676x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	428,0	21,3	0,43	0,0	777,9	38,8
Mg	1499,0	123,4	1451,6	119,5	1,45	0,0	2638,1	217,1
Na	12178,0	529,5	11807,4	513,4	56,41	0,8	21421,8	931,4
K	671,0	17,2	650,8	16,7	3,89	0,0	1180,1	30,3
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,161	0,1	0,006	0,000	11,196	0,3
CO3	13,8	0,5	16,1	0,5	0,00	0,0	35,3	1,2
HCO3	163,3	2,7	157,4	2,6	1,21	0,0	277,7	4,6
SO4	3056,0	63,7	2959,4	61,7	3,18	0,0	5378,2	112,0
Cl	22161,6	625,2	21483,8	606,0	92,33	0,8	38986,0	1099,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,01	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,06	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,47		0,68		9,39	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,97		0,73		0,73		0,73	
TDS	40206,7		38970,7		159,7		70723,8	
pH	8,10		8,10		6,48		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	25%	24%	50%
SrSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
BaSO4 / Ksp * 100:	32%	30%	63%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,13	1,09	1,51
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,21	0,18	0,53
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	28,4 bar	27,6 bar	50,0 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 1528,00 m3/hr  
 Presión Alim.: 13,2 bar Tasa recuperación perm.: 90,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 16,0 C(61F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico, ppm (100%) 0,8 NaOH Disminución flux %/año: 0,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 0,0

Flux promedio: 27,5 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	965,3	14,1	6,1	28,1	1,15	10,6 2,0	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	562,9	9,9	2,3	26,6	1,38	9,1 0,0	ESPAB MAX	518	74x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,4	0,0	0,4	0,0	0,001	0,0	4,3	0,2
Mg	1,4	0,1	1,4	0,1	0,005	0,0	14,4	1,2
Na	56,4	2,5	56,4	2,5	0,838	0,0	556,6	24,2
K	3,9	0,1	3,9	0,1	0,072	0,0	38,2	1,0
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,061	0,0
CO3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,9	0,0
HCO3	1,2	0,0	2,2	0,0	0,057	0,0	20,7	0,3
SO4	3,2	0,1	3,2	0,1	0,012	0,0	31,7	0,7
Cl	92,3	2,6	92,3	2,6	1,327	0,0	911,4	25,7
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,1	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,006	0,0	0,6	0,0
B	0,68		0,68		0,25		4,56	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,0	
CO2	0,73		0,03		0,03		0,03	
TDS	159,7		160,7		2,57		1583,5	
pH	6,5		8,10		6,52		9,07	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-5,54	-3,66	-0,76
Indice Sat. de Stiff & Davis	-5,57	-3,69	-0,80
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,03
Presión osmótica	0,1 bar	0,1 bar	1,2 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2221,3	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5396,1	2064,3	m3/hr	Caudal de Permeado:	2428,00	1858,00	m3/hr
Presión Alim.:	58,7	13,6	bar	Caudal agua cruda:		5189,2	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		22,0	C(72F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,20		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	3,3		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 33,1 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,01	57,5	0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1339,8	15,2	5,3	34,4	1,21	10,9	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,4	30,2	1,26	8,9	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,4	21,2	0,122	0,0	772,8	38,5
Mg	1499,0	123,4	1442,6	118,7	0,414	0,0	2620,9	215,7
Na	12178,0	529,5	11749,8	510,9	17,356	0,8	21284,2	925,4
K	671,0	17,2	647,9	16,6	1,222	0,0	1172,6	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,123	0,1	0,002	0,0	11,124	0,3
CO3	17,3	0,6	20,3	0,7	0,003	0,0	44,1	1,5
HCO3	163,3	2,7	157,7	2,6	0,421	0,0	276,7	4,5
SO4	3056,0	63,7	2941,2	61,3	0,913	0,0	5343,2	111,3
Cl	22161,6	625,2	21375,5	603,0	28,338	0,8	38735,0	1092,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,029	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,63		0,491		9,23	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,85		0,64		0,11		0,00	
TDS	40206,7		38776,7		49,32		70277,9	
pH	8,10		8,10		7,81		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	24%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	26%	25%	51%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,26	1,24	1,65
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,30	0,29	0,64
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,0 bar	28,0 bar	50,7 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres.: 5396,1 2064,3 m3/hr  
 Presión Alim.: 58,7 13,6 bar  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 9,20  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 3,3

Caudal mezcla: 2221,3 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2428,00 1858,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5189,2 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 42,8 %  
 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 0,80 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,7 33,1 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim.	Conc.	Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones	Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo	
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,01	57,5	0,0	271,5	SWC5	4760	680x7
2-1	1339,8	15,2	5,3	34,4	1,21	10,9	2,0	2,9	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,4	30,2	1,26	8,9	0,0	11,6	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en SrSO4	Concentrado BaSO4	SiO2	Lang.
1-1	1	58,7	0,2	1,0	26,0	1,05	107,5	31,9	26	24	29	1	1,9
1-1	2	58,4	0,2	0,8	20,9	1,04	126,8	35,8	31	27	33	1	2,0
1-1	3	58,2	0,2	0,6	16,3	1,03	149,4	39,7	35	31	38	1	2,1
1-1	4	58,0	0,2	0,5	12,4	1,02	175,3	43,2	39	35	42	1	2,1
1-1	5	57,9	0,1	0,3	9,0	1,02	205,3	46,2	42	38	45	1	2,2
1-1	6	57,7	0,1	0,2	6,6	1,02	237,7	48,7	45	40	48	1	2,2
1-1	7	57,6	0,1	0,2	4,9	1,02	273,1	50,7	47	42	51	1	2,2
2-1	1	13,6	0,6	1,7	40,8	1,11	1,8	0,2	0	0	0	0	-2,1
2-1	2	12,9	0,5	1,5	37,5	1,10	2,0	0,3	0	0	0	0	-2,0
2-1	3	12,4	0,4	1,5	35,7	1,12	2,1	0,3	0	0	0	0	-1,9
2-1	4	12,0	0,4	1,4	34,0	1,14	2,3	0,3	0	0	0	0	-1,8
2-1	5	11,6	0,3	1,3	32,7	1,15	2,5	0,4	0	0	0	0	-1,7
2-1	6	11,3	0,2	1,3	31,4	1,18	2,6	0,5	0	0	0	0	-1,5
2-1	7	11,1	0,2	1,2	30,3	1,21	2,9	0,6	0	0	0	0	-1,4
2-2	1	10,7	0,4	1,4	35,2	1,12	3,0	0,7	0	0	0	0	-1,3
2-2	2	10,3	0,4	1,4	33,4	1,10	3,2	0,8	0	0	0	0	-1,2
2-2	3	9,9	0,3	1,3	31,8	1,15	3,4	0,9	0	0	0	0	-1,1
2-2	4	9,6	0,2	1,2	30,3	1,17	3,7	1,1	0	0	0	0	-0,9
2-2	5	9,4	0,2	1,2	28,8	1,19	4,1	1,3	0	0	0	0	-0,8
2-2	6	9,2	0,1	1,1	27,1	1,23	4,7	1,6	0	0	0	0	-0,6
2-2	7	9,1	0,1	1,0	25,1	1,28	5,5	2,1	0	0	0	0	-0,4

Etapa	PND bar
1-1	19,1
2-1	9,9
2-2	8,5

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2428,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5396,1 m3/hr Caudal agua cruda: 5189,1 m3/hr

Presión Alim.: 58,7 bar Tasa recuperación perm: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 0,80  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,02	57,5	0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,4	21,2	0,73	0,0	772,8	38,5
Mg	1499,0	123,4	1442,6	118,7	2,48	0,0	2620,9	215,7
Na	12178,0	529,5	11749,8	510,9	96,70	0,8	21284,2	925,4
K	671,0	17,2	647,9	16,6	6,66	0,0	1172,6	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,123	0,1	0,011	0,000	11,124	0,3
CO3	17,3	0,6	20,3	0,7	0,00	0,0	44,1	1,5
HCO3	163,3	2,7	157,7	2,6	2,08	0,0	276,7	4,5
SO4	3056,0	63,7	2941,2	61,3	5,45	0,0	5343,2	111,3
Cl	22161,6	625,2	21375,5	603,0	158,27	0,8	38735,0	1092,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,11	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,63		1,23		9,23	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,85		0,64		0,64		0,64	
TDS	40206,7		38776,7		273,8		70277,9	
pH	8,10		8,10		6,73		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	24%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	26%	25%	51%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,26	1,24	1,65
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,30	0,29	0,64
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,0 bar	28,0 bar	50,7 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 1858,00 m3/hr  
 Presión Alim.: 13,6 bar Tasa recuperación perm.: 90,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 9,20 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico, ppm (100%) 3,3 NaOH Disminución flux %/año: 0,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 0,0

Flux promedio: 33,1 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1339,8	15,2	5,3	34,4	1,21	10,9 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,4	30,2	1,28	8,9 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,7	0,0	0,7	0,0	0,003	0,0	7,3	0,4
Mg	2,5	0,2	2,5	0,2	0,010	0,0	24,7	2,0
Na	96,7	4,2	96,7	4,2	1,830	0,1	950,5	41,3
K	6,7	0,2	6,7	0,2	0,157	0,0	65,2	1,7
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,011	0,0	0,011	0,0	0,000	0,0	0,105	0,0
CO3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,000	0,0	9,4	0,3
HCO3	2,1	0,0	2,8	0,0	0,093	0,0	19,7	0,3
SO4	5,5	0,1	5,5	0,1	0,025	0,0	54,3	1,1
Cl	158,3	4,5	158,3	4,5	2,915	0,1	1556,4	43,9
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,014	0,0	1,0	0,0
B	1,23		1,23		0,35		9,15	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,64		0,00		0,00		0,00	
TDS	273,8		274,7		5,40		2698,1	
pH	6,7		9,20		7,73		10,04	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,71	-2,06	0,79
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,68	-2,03	0,73
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,05
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	2,0 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2221,1	m3/hr			
Caudal bomba alta pres:	5360,6	1906,6	m3/hr	Caudal de Permeado:	2412,00	1716,00	m3/hr
Presión Alim.:	55,8	13,0	bar	Caudal agua cruda:		5169,3	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		22,0	C(72F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	8,60		Recup. total sistema:		43,0	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	1,3		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 30,9 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2412,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,7	0,0	SWC5	4732	676x7
2-1	1104,8	15,9	6,7	32,2	1,15	10,0	2,0	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	611,4	10,8	2,6	28,9	1,35	8,3	0,0	ESPAB MAX	518	74x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,5	21,3	0,126	0,0	775,0	38,7
Mg	1499,0	123,4	1446,4	119,0	0,429	0,0	2628,2	216,3
Na	12178,0	529,5	11771,2	511,8	17,467	0,8	21342,7	927,9
K	671,0	17,2	648,9	16,6	1,219	0,0	1175,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,139	0,1	0,002	0,0	11,155	0,3
CO3	17,3	0,6	20,3	0,7	0,003	0,0	44,1	1,5
HCO3	163,3	2,7	157,5	2,6	0,412	0,0	276,6	4,5
SO4	3056,0	63,7	2948,8	61,4	0,946	0,0	5358,1	111,6
Cl	22161,6	625,2	21416,5	604,1	28,544	0,8	38841,8	1095,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,025	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,50		0,499		9,26	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,85		0,64		0,15		0,01	
TDS	40206,7		38852,3		49,68		70470,8	
pH	8,10		8,10		7,52		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	24%	23%	48%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	26%	25%	51%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,26	1,24	1,66
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,30	0,29	0,64
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	29,0 bar	28,0 bar	50,9 bar



## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:

proyecto  
 Caudal bomba alta pres: 5360,6 1906,6 m3/hr  
 Presión Alim.: 55,8 13,0 bar  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 8,60  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 1,3

Caudal mezcla:

Caudal de Permeado: 2412,00 1716,00 m3/hr

Caudal agua cruda: 5169,3 m3/hr

Recuperación: 45,0 90,0 %

Recup. total sistema: 43,0 %

Edad de las Membranas: 0,0 años

Disminución flux %/año: 7,0 0,0

Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00

Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,7 30,9 l/m2hr

Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2412,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,7	0,0	204,1	SWC5	4732	676x7
2-1	1104,8	15,9	6,7	32,2	1,15	10,0	2,0	2,1	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	611,4	10,8	2,6	28,9	1,35	8,3	0,0	6,4	ESPAB MAX	518	74x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado				Lang.
										SrSO4	BaSO4	SiO2		
1-1	1	55,8	0,2	1,1	29,4	1,05	71,2	32,5	27	24	30	1	1,9	
1-1	2	55,6	0,2	0,8	22,3	1,04	86,7	37,0	32	28	35	1	2,0	
1-1	3	55,4	0,2	0,6	16,3	1,03	105,0	41,1	36	32	39	1	2,1	
1-1	4	55,2	0,2	0,4	11,6	1,02	125,9	44,7	40	36	44	1	2,1	
1-1	5	55,1	0,1	0,3	7,6	1,02	150,6	47,3	43	39	47	1	2,2	
1-1	6	54,9	0,1	0,2	5,2	1,02	176,9	49,4	46	41	49	1	2,2	
1-1	7	54,8	0,1	0,1	3,6	1,01	205,3	50,9	48	42	51	1	2,2	
2-1	1	13,0	0,7	1,6	38,6	1,10	1,3	0,2	0	0	0	0	-2,7	
2-1	2	12,3	0,6	1,4	35,5	1,10	1,5	0,2	0	0	0	0	-2,6	
2-1	3	11,8	0,5	1,4	33,5	1,10	1,6	0,2	0	0	0	0	-2,5	
2-1	4	11,3	0,4	1,3	31,8	1,11	1,7	0,2	0	0	0	0	-2,3	
2-1	5	10,9	0,4	1,2	30,3	1,12	1,8	0,3	0	0	0	0	-2,2	
2-1	6	10,5	0,3	1,2	29,0	1,14	2,0	0,3	0	0	0	0	-2,0	
2-1	7	10,2	0,2	1,1	27,8	1,15	2,1	0,4	0	0	0	0	-1,8	
2-2	1	9,8	0,4	1,3	32,9	1,13	2,2	0,4	0	0	0	0	-2,2	
2-2	2	9,4	0,3	1,3	31,5	1,10	2,3	0,5	0	0	0	0	-2,1	
2-2	3	9,1	0,2	1,2	30,2	1,16	2,4	0,6	0	0	0	0	-2,0	
2-2	4	8,8	0,2	1,2	29,0	1,18	2,6	0,7	0	0	0	0	-1,8	
2-2	5	8,6	0,1	1,1	27,8	1,22	2,8	0,9	0	0	0	0	-1,7	
2-2	6	8,5	0,1	1,1	26,5	1,27	3,2	1,1	0	0	0	0	-1,5	
2-2	7	8,4	0,1	1,0	24,8	1,36	3,7	1,6	0	0	0	0	-1,2	

Etapa	PND bar
1-1	16,0
2-1	9,2
2-2	8,2

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2412,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5360,6 m3/hr Caudal agua cruda: 5169,3 m3/hr

Presión Alim.: 55,8 bar Tasa recuperación perm: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2412,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,7	0,0	SWC5	4732	676x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,5	21,3	0,55	0,0	775,0	38,7
Mg	1499,0	123,4	1446,4	119,0	1,86	0,0	2628,2	216,3
Na	12178,0	529,5	11771,2	511,8	72,71	0,8	21342,7	927,9
K	671,0	17,2	648,9	16,6	5,01	0,0	1175,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,139	0,1	0,008	0,000	11,155	0,3
CO3	17,3	0,6	20,3	0,7	0,00	0,0	44,1	1,5
HCO3	163,3	2,7	157,5	2,6	1,56	0,0	276,6	4,5
SO4	3056,0	63,7	2948,8	61,4	4,10	0,0	5358,1	111,6
Cl	22161,6	625,2	21416,5	604,1	119,01	0,8	38841,8	1095,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,08	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,50		0,91		9,26	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,85		0,64		0,64		0,64	
TDS	40206,7		38852,3		205,8		70470,8	
pH	8,10		8,10		6,60		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	24%	23%	48%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	26%	25%	51%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,26	1,24	1,66
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,30	0,29	0,64
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	29,0 bar	28,0 bar	50,9 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 1716,00 m3/hr  
 Presión Alim.: 13,0 bar Tasa recuperación perm.: 90,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 22,0 C(72F)  
 pH Agua Alim.: 8,60 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico, ppm (100%) 1,3 NaOH Disminución flux %/año: 0,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 0,0

Flux promedio: 30,9 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1104,8	15,9	6,7	32,2	1,15	10,0 2,0	ESPAB MAX	840	120x7
2-2	611,4	10,8	2,6	28,9	1,36	8,3 0,0	ESPAB MAX	518	74x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,5	0,0	0,5	0,0	0,002	0,0	5,5	0,3
Mg	1,9	0,2	1,9	0,2	0,006	0,0	18,6	1,5
Na	72,7	3,2	72,7	3,2	1,198	0,1	716,3	31,1
K	5,0	0,1	5,0	0,1	0,103	0,0	49,2	1,3
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,008	0,0	0,008	0,0	0,000	0,0	0,079	0,0
CO3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	3,1	0,1
HCO3	1,6	0,0	2,4	0,0	0,070	0,0	21,0	0,3
SO4	4,1	0,1	4,1	0,1	0,017	0,0	40,9	0,9
Cl	119,0	3,4	119,0	3,4	1,904	0,1	1172,9	33,1
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,009	0,0	0,7	0,0
B	0,91		0,91		0,38		5,67	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,0	
CO2	0,64		0,01		0,01		0,01	
TDS	205,8		206,7		3,69		2034,1	
pH	6,6		8,60		7,07		9,54	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-5,07	-2,88	0,02
Indice Sat. de Stiff & Davis	-5,04	-2,85	-0,01
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,04
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	1,5 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2222,7	m3/hr			
Caudal bomba alta pres:	5405,0	2091,0	m3/hr	Caudal de Permeado:	2432,00	1882,00	m3/hr
Presión Alim.:	58,3	13,2	bar	Caudal agua cruda:		5195,3	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		24,0	C(75F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,40		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	4,6		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 33,6 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	57,1	0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1363,8	15,4	5,3	35,0	1,21	10,5	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,5	30,2	1,26	8,5	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,2	21,2	0,125	0,0	772,5	38,5
Mg	1499,0	123,4	1442,1	118,7	0,423	0,0	2619,8	215,6
Na	12178,0	529,5	11748,2	510,8	18,062	0,8	21274,4	925,0
K	671,0	17,2	647,9	16,6	1,277	0,0	1172,0	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,120	0,1	0,002	0,0	11,119	0,3
CO3	18,6	0,6	21,9	0,7	0,003	0,0	47,4	1,6
HCO3	163,3	2,7	157,8	2,6	0,441	0,0	276,3	4,5
SO4	3056,0	63,7	2940,1	61,3	0,935	0,0	5340,8	111,3
Cl	22161,6	625,2	21371,9	602,9	29,479	0,8	38717,3	1092,2
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,033	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,68		0,494		9,21	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,82		0,61		0,10		0,00	
TDS	40206,7		38771,4		51,28		70248,7	
pH	8,10		8,10		7,90		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	25%	23%	48%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,30	1,29	1,70
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,33	0,32	0,68
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,2 bar	28,2 bar	51,1 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2222,7	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5405,0	2091,0	m3/hr	Caudal de Permeado:	2432,00	1882,00	m3/hr
Presión Alim.:	58,3	13,2	bar	Caudal agua cruda:		5195,3	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		24,0	C(75F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,40		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	4,6		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales,	10,0	0,0	
				%/año:			

Flux promedio: 13,7 33,6 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	57,1	0,0	295,1	SWC5	4760	680x7
2-1	1363,8	15,4	5,3	35,0	1,21	10,5	2,0	3,4	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,5	30,2	1,26	8,5	0,0	15,0	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado				Lang.
									SrSO4	BaSO4	SiO2			
1-1	1	58,3	0,2	1,0	26,7	1,05	113,5	32,2	26	23	27	1	2,0	
1-1	2	58,0	0,2	0,8	21,3	1,04	134,9	36,3	30	27	32	1	2,1	
1-1	3	57,8	0,2	0,6	16,3	1,03	159,9	40,2	35	31	36	1	2,1	
1-1	4	57,6	0,2	0,5	12,2	1,02	188,6	43,8	38	34	40	1	2,2	
1-1	5	57,5	0,1	0,3	8,7	1,02	221,9	46,7	42	37	43	1	2,2	
1-1	6	57,3	0,1	0,2	6,3	1,02	257,7	49,1	45	40	46	1	2,3	
1-1	7	57,2	0,1	0,2	4,6	1,01	296,7	51,0	47	42	48	1	2,3	
2-1	1	13,2	0,6	1,7	42,1	1,11	2,1	0,3	0	0	0	0	-1,8	
2-1	2	12,6	0,5	1,6	38,4	1,10	2,3	0,3	0	0	0	0	-1,7	
2-1	3	12,1	0,4	1,5	36,4	1,13	2,5	0,3	0	0	0	0	-1,6	
2-1	4	11,6	0,4	1,4	34,7	1,14	2,7	0,4	0	0	0	0	-1,5	
2-1	5	11,3	0,3	1,4	33,1	1,15	2,9	0,4	0	0	0	0	-1,4	
2-1	6	11,0	0,2	1,3	31,8	1,18	3,1	0,5	0	0	0	0	-1,2	
2-1	7	10,7	0,2	1,3	30,6	1,21	3,4	0,7	0	0	0	0	-1,1	
2-2	1	10,3	0,4	1,5	35,7	1,12	3,6	0,8	0	0	0	0	-1,0	
2-2	2	9,9	0,4	1,4	33,8	1,10	3,8	0,9	0	0	0	0	-0,9	
2-2	3	9,5	0,3	1,3	32,0	1,15	4,1	1,0	0	0	0	0	-0,7	
2-2	4	9,2	0,2	1,2	30,3	1,17	4,5	1,2	0	0	0	0	-0,6	
2-2	5	9,0	0,2	1,2	28,6	1,19	5,0	1,5	0	0	0	0	-0,5	
2-2	6	8,8	0,1	1,1	26,8	1,23	5,8	1,8	0	0	0	0	-0,3	
2-2	7	8,7	0,1	1,0	24,5	1,27	6,8	2,4	0	0	0	0	-0,1	

Etapa	PND bar
1-1	18,4
2-1	9,4
2-2	8,0

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2432,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5405,0 m3/hr Caudal agua cruda: 5195,3 m3/hr

Presión Alim.: 58,3 bar Tasa recuperación perm.: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 24,0 C(75F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 0,80  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	57,1	0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,2	21,2	0,79	0,0	772,5	38,5
Mg	1499,0	123,4	1442,1	118,7	2,69	0,0	2619,8	215,6
Na	12178,0	529,5	11748,2	510,8	105,09	0,8	21274,4	925,0
K	671,0	17,2	647,9	16,6	7,24	0,0	1172,0	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,120	0,1	0,011	0,000	11,119	0,3
CO3	18,6	0,6	21,9	0,7	0,00	0,0	47,4	1,6
HCO3	163,3	2,7	157,8	2,6	2,26	0,0	276,3	4,5
SO4	3056,0	63,7	2940,1	61,3	5,92	0,0	5340,8	111,3
Cl	22161,6	625,2	21371,9	602,9	172,00	0,8	38717,3	1092,2
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,12	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,68		1,35		9,21	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,82		0,61		0,61		0,61	
TDS	40206,7		38771,4		297,6		70248,7	
pH	8,10		8,10		6,77		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	25%	23%	48%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,30	1,29	1,70
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,33	0,32	0,68
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,2 bar	28,2 bar	51,1 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal de Permeado:	1882,00 m3/hr
Presión Alim.:	13,2 bar	Tasa recuperación perm:	90,0 %
Temp. Agua Alim.:	24,0 C(75F)	Edad de las Membranas:	3,6 años
pH Agua Alim.:	9,40	Disminución flux %/año:	0,0 %
Dosis Químico, ppm (100%)	4,6 NaOH	Factor de Ensuciamiento:	1,00
		Incremento paso sales, %/año:	0,0

Flux promedio: 33,6 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1363,8	15,4	5,3	35,0	1,21	10,5	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	518,4	12,1	3,5	30,2	1,27	8,5	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,8	0,0	0,8	0,0	0,004	0,0	7,9	0,4
Mg	2,7	0,2	2,7	0,2	0,012	0,0	26,8	2,2
Na	105,1	4,6	105,1	4,6	2,297	0,1	1030,3	44,8
K	7,2	0,2	7,2	0,2	0,197	0,0	70,6	1,8
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,011	0,0	0,011	0,0	0,000	0,0	0,114	0,0
CO3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,001	0,0	12,6	0,4
HCO3	2,3	0,0	2,8	0,0	0,108	0,0	17,8	0,3
SO4	5,9	0,1	5,9	0,1	0,032	0,0	59,0	1,2
Cl	172,0	4,9	172,0	4,9	3,664	0,1	1687,0	47,6
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,017	0,0	1,0	0,0
B	1,35		1,35		0,34		10,48	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,61		0,00		0,00		0,00	
TDS	297,6		298,4		6,67		2923,9	
pH	6,8		9,40		8,00		10,20	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,55	-1,74	1,07
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,50	-1,70	1,00
Fuerza iónica	0,01	0,01	0,05
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	2,2 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2224,0	m3/hr			
Caudal bomba alta pres:	5378,3	1957,7	m3/hr	Caudal de Permeado:	2420,00	1762,00	m3/hr
Presión Alim.:	55,7	12,3	bar	Caudal agua cruda:		5182,0	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		24,0	C(75F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,10		Recup. total sistema:		42,9	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	2,7		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 31,4 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2420,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,5 0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1263,3	14,4	5,1	32,5	1,20	9,8 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	498,9	11,6	3,3	29,1	1,27	7,9 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,1	21,3	0,127	0,0	774,3	38,6
Mg	1499,0	123,4	1445,2	118,9	0,430	0,0	2626,0	216,1
Na	12178,0	529,5	11764,1	511,5	17,774	0,8	21324,2	927,1
K	671,0	17,2	648,6	16,6	1,246	0,0	1174,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,134	0,1	0,002	0,0	11,145	0,3
CO3	18,6	0,6	21,9	0,7	0,003	0,0	47,4	1,6
HCO3	163,3	2,7	157,6	2,6	0,425	0,0	276,2	4,5
SO4	3056,0	63,7	2946,4	61,4	0,949	0,0	5353,5	111,5
Cl	22161,6	625,2	21403,0	603,8	29,033	0,8	38808,2	1094,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,028	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,54		0,492		9,26	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,82		0,61		0,13		0,00	
TDS	40206,7		38829,1		50,51		70413,0	
pH	8,10		8,10		7,73		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	25%	23%	48%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,30	1,29	1,71
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,33	0,32	0,69
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	29,2 bar	28,2 bar	51,2 bar



## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres: 5378,3 1957,7 m3/hr  
 Presión Alim.: 55,7 12,3 bar  
 Temp. Agua Alim.: 24,0 C(75F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 9,10  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 2,7

Caudal mezcla: 2224,0 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2420,00 1762,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5182,0 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 42,9 %  
 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,7 31,4 l/m2hr

Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2420,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,5	0,0	223,2	SWC5	4760	680x7
2-1	1263,3	14,4	5,1	32,5	1,20	9,8	2,0	2,7	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	498,9	11,6	3,3	29,1	1,27	7,9	0,0	9,6	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado				Lang.
									SrSO4	BaSO4	SiO2			
1-1	1	55,7	0,2	1,1	30,4	1,05	75,0	32,9	27	24	28	1	2,0	
1-1	2	55,4	0,2	0,8	22,6	1,04	92,2	37,6	32	28	33	1	2,1	
1-1	3	55,2	0,2	0,6	16,2	1,03	112,6	41,8	36	32	38	1	2,1	
1-1	4	55,0	0,1	0,4	10,8	1,03	137,2	45,1	40	36	41	1	2,2	
1-1	5	54,9	0,1	0,3	7,3	1,02	164,3	47,8	43	38	44	1	2,2	
1-1	6	54,8	0,1	0,2	5,0	1,02	193,4	49,7	45	40	47	1	2,3	
1-1	7	54,6	0,1	0,1	3,4	1,01	224,6	51,1	47	42	48	1	2,3	
2-1	1	12,3	0,6	1,6	38,5	1,11	1,7	0,2	0	0	0	0	-2,3	
2-1	2	11,7	0,5	1,5	35,5	1,10	1,9	0,2	0	0	0	0	-2,2	
2-1	3	11,2	0,4	1,4	33,7	1,12	2,0	0,2	0	0	0	0	-2,1	
2-1	4	10,8	0,3	1,3	32,1	1,13	2,2	0,3	0	0	0	0	-2,0	
2-1	5	10,5	0,3	1,3	30,7	1,15	2,4	0,3	0	0	0	0	-1,9	
2-1	6	10,2	0,2	1,2	29,6	1,17	2,5	0,4	0	0	0	0	-1,7	
2-1	7	10,0	0,2	1,2	28,5	1,20	2,7	0,5	0	0	0	0	-1,6	
2-2	1	9,6	0,4	1,4	33,9	1,12	2,8	0,6	0	0	0	0	-1,5	
2-2	2	9,2	0,3	1,3	32,1	1,10	3,0	0,6	0	0	0	0	-1,4	
2-2	3	8,9	0,3	1,2	30,6	1,15	3,2	0,7	0	0	0	0	-1,3	
2-2	4	8,6	0,2	1,2	29,1	1,17	3,4	0,9	0	0	0	0	-1,1	
2-2	5	8,4	0,2	1,1	27,7	1,19	3,7	1,1	0	0	0	0	-1,0	
2-2	6	8,2	0,1	1,1	26,2	1,23	4,2	1,4	0	0	0	0	-0,8	
2-2	7	8,1	0,1	1,0	24,4	1,28	4,8	1,8	0	0	0	0	-0,6	

Etapa	PND bar
1-1	15,7
2-1	8,7
2-2	7,7

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2420,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5378,3 m3/hr Caudal agua cruda: 5182,0 m3/hr

Presión Alim.: 55,7 bar Tasa recuperación perm: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 24,0 C(75F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2420,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,5	0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	426,1	21,3	0,60	0,0	774,3	38,6
Mg	1499,0	123,4	1445,2	118,9	2,04	0,0	2626,0	216,1
Na	12178,0	529,5	11764,1	511,5	79,48	0,8	21324,2	927,1
K	671,0	17,2	648,6	16,6	5,47	0,0	1174,8	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,011	0,0
Sr	6,362	0,1	6,134	0,1	0,009	0,000	11,145	0,3
CO3	18,6	0,6	21,9	0,7	0,00	0,0	47,4	1,6
HCO3	163,3	2,7	157,6	2,6	1,71	0,0	276,2	4,5
SO4	3056,0	63,7	2946,4	61,4	4,48	0,0	5353,5	111,5
Cl	22161,6	625,2	21403,0	603,8	130,08	0,8	38808,2	1094,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,09	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,54		1,01		9,26	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,8	
CO2	0,82		0,61		0,61		0,61	
TDS	40206,7		38829,1		225,0		70413,0	
pH	8,10		8,10		6,65		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	47%
SrSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	42%
BaSO4 / Ksp * 100:	25%	23%	48%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,30	1,29	1,71
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,33	0,32	0,69
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,40
Presión osmótica	29,2 bar	28,2 bar	51,2 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal de Permeado:	1762,00 m3/hr
Presión Alim.:	12,3 bar	Tasa recuperación perm:	90,0 %
Temp. Agua Alim.:	24,0 C(75F)	Edad de las Membranas:	0,0 años
pH Agua Alim.:	9,10	Disminución flux %/año:	0,0 %
Dosis Químico, ppm (100%)	2,7 NaOH	Factor de Ensuciamiento:	1,00
		Incremento paso sales, %/año:	0,0

Flux promedio:	31,4 lm2hr	Tipo de Alimentación:	Agua de mar - toma abierta
----------------	------------	-----------------------	----------------------------

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1263,3	14,4	5,1	32,5	1,20	9,8	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	498,9	11,6	3,3	29,1	1,28	7,9	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,6	0,0	0,6	0,0	0,003	0,0	6,0	0,3
Mg	2,0	0,2	2,0	0,2	0,009	0,0	20,3	1,7
Na	79,5	3,5	79,5	3,5	1,588	0,1	780,5	33,9
K	5,5	0,1	5,5	0,1	0,136	0,0	53,5	1,4
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,009	0,0	0,009	0,0	0,000	0,0	0,086	0,0
CO3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	7,3	0,2
HCO3	1,7	0,0	2,5	0,0	0,085	0,0	17,8	0,3
SO4	4,5	0,1	4,5	0,1	0,022	0,0	44,6	0,9
Cl	130,1	3,7	130,1	3,7	2,526	0,1	1278,1	36,1
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,012	0,0	0,8	0,0
B	1,01		1,01		0,36		6,84	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,0	
CO2	0,61		0,00		0,00		0,00	
TDS	225,0		225,9		4,74		2216,0	
pH	6,6		9,10		7,65		9,96	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,91	-2,26	0,60
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,86	-2,22	0,57
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,04
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	1,7 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2222,7	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5422,8	2171,0	m3/hr	Caudal de Permeado:	2440,00	1954,00	m3/hr
Presión Alim.:	57,7	12,7	bar	Caudal agua cruda:		5205,1	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		28,0	C(82F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,60		Recup. total sistema:		42,7	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	7,0		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,8 34,8 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2440,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,5	0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1431,9	16,0	5,4	36,8	1,21	9,9	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	522,3	12,3	3,6	30,4	1,24	7,9	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	424,7	21,2	0,114	0,0	771,4	38,5
Mg	1499,0	123,4	1440,3	118,5	0,388	0,0	2616,1	215,3
Na	12178,0	529,5	11739,2	510,4	17,408	0,8	21245,6	923,7
K	671,0	17,2	647,5	16,6	1,248	0,0	1170,4	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,113	0,1	0,002	0,0	11,103	0,3
CO3	21,6	0,7	25,4	0,8	0,004	0,0	54,6	1,8
HCO3	163,3	2,7	158,0	2,6	0,435	0,0	275,4	4,5
SO4	3056,0	63,7	2936,4	61,2	0,859	0,0	5333,4	111,1
Cl	22161,6	625,2	21354,2	602,4	28,380	0,8	38664,8	1090,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,037	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,76		0,499		9,18	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,76		0,56		0,07		0,00	
TDS	40206,7		38741,9		49,38		70160,1	
pH	8,10		8,10		7,97		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	46%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	41%
BaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,39	1,39	1,81
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,39	0,40	0,77
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,6 bar	28,5 bar	51,7 bar

DOS PASOS & CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto		
Caudal bomba alta pres:	5422,8	2171,0	m3/hr
Presión Alim.:	57,7	12,7	bar
Temp. Agua Alim.:		28,0	C(82F)
pH Agua Alim.:	8,10	9,60	
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	7,0	

Caudal mezcla:		2222,7	m3/hr
Caudal de Permeado:	2440,00	1954,00	m3/hr
Caudal agua cruda:		5205,1	m3/hr
Recuperación:	45,0	90,0	%
Recup. total sistema:		42,7	%
Edad de las Membranas:		3,6	años
Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,8 34,8 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2440,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,5	0,0	337,6	SWC5	4760	680x7
2-1	1431,9	16,0	5,4	36,8	1,21	9,9	2,0	4,4	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	522,3	12,3	3,6	30,4	1,24	7,9	0,0	22,2	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado				Lang.
										SrSO4	BaSO4	SiO2		
1-1	1	57,7	0,2	1,1	28,3	1,05	123,0	32,9	26	23	25	1	2,1	
1-1	2	57,4	0,2	0,8	21,9	1,04	148,1	37,2	30	27	29	1	2,2	
1-1	3	57,2	0,2	0,6	16,3	1,03	177,8	41,3	34	31	33	1	2,3	
1-1	4	57,0	0,2	0,4	11,9	1,02	211,7	44,9	38	34	37	1	2,3	
1-1	5	56,9	0,1	0,3	8,1	1,02	251,3	47,7	41	37	40	1	2,4	
1-1	6	56,7	0,1	0,2	5,8	1,02	293,6	50,0	44	39	42	1	2,4	
1-1	7	56,6	0,1	0,2	4,1	1,01	339,3	51,7	46	41	44	1	2,4	
2-1	1	12,7	0,7	1,8	45,2	1,12	2,6	0,3	0	0	0	0	-1,4	
2-1	2	12,1	0,5	1,7	40,8	1,10	2,9	0,3	0	0	0	0	-1,3	
2-1	3	11,5	0,5	1,6	38,4	1,10	3,1	0,4	0	0	0	0	-1,2	
2-1	4	11,1	0,4	1,5	36,3	1,14	3,3	0,4	0	0	0	0	-1,1	
2-1	5	10,7	0,3	1,4	34,6	1,16	3,5	0,5	0	0	0	0	-1,0	
2-1	6	10,4	0,2	1,3	33,0	1,18	3,9	0,6	0	0	0	0	-0,8	
2-1	7	10,1	0,2	1,3	31,5	1,21	4,5	0,8	0	0	0	0	-0,7	
2-2	1	9,7	0,4	1,5	37,1	1,13	4,7	0,9	0	0	0	0	-0,6	
2-2	2	9,3	0,4	1,4	34,8	1,10	5,1	1,0	0	0	0	0	-0,5	
2-2	3	8,9	0,3	1,3	32,7	1,15	5,6	1,2	0	0	0	0	-0,3	
2-2	4	8,6	0,2	1,3	30,6	1,17	6,2	1,4	0	0	0	0	-0,2	
2-2	5	8,4	0,2	1,2	28,5	1,19	7,0	1,7	0	0	0	0	-0,1	
2-2	6	8,2	0,1	1,1	26,2	1,22	8,1	2,2	0	0	0	0	0,1	
2-2	7	8,1	0,1	1,0	23,4	1,25	9,6	2,8	0	0	0	0	0,3	

Etapa	PND
	bar
1-1	17,4
2-1	8,8
2-2	7,1

Los cálculos de rendimiento del producto están basados en el rendimiento nominal del elemento de membrana, funcionando con agua de alimentación de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los listados creados por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. Ninguna garantía del producto o rendimiento del sistema es expresada o implícita, a menos que sea proporcionada en una garantía separada firmada por un representante autorizado de Hydranautics. Los cálculos de la presión de alimentación aplicada son las mejores estimaciones para asistir al cliente en el dimensionamiento de la bomba de alta de alta presión y no son una garantía de la presión actual de operación durante la vida del producto. Las presiones calculadas contienen un margen de seguridad para asegurar que las bombas de alimentación sean apropiadamente dimensionadas basándose en la información proporcionada. El margen de seguridad incluye factores para un ratio normal de ensuciamiento de la membrana durante la vida del producto. Los cálculos para el consumo de productos químicos son la vida del producto. Los cálculos para el consumo de productos químicos son proporcionados para la conveniencia y están basados en varias hipótesis acerca de la calidad y la composición del agua de alimentación. Como la cantidad de reactivos químicos necesarios para el ajuste de pH es dependiente del agua de alimentación y no es dependiente de la membrana, Hydranautics no garantiza el consumo de reactivos químico. Si se requiere una garantía de sistema o producto, por favor póngase en contacto con representantes de Hydranautics. Las garantías no estándar o ampliadas, pueden resultar en precios diferentes a los precios cotizados anteriormente. (19/43)

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2440,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5422,8 m3/hr Caudal agua cruda: 5205,1 m3/hr

Presión Alim.: 57,7 bar Tasa recuperación perm.: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 28,0 C(82F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 0,80  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,8 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2440,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,5 0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	424,7	21,2	0,91	0,0	771,4	38,5
Mg	1499,0	123,4	1440,3	118,5	3,08	0,0	2616,1	215,3
Na	12178,0	529,5	11739,2	510,4	120,23	0,8	21245,6	923,7
K	671,0	17,2	647,5	16,6	8,28	0,0	1170,4	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,113	0,1	0,013	0,000	11,103	0,3
CO3	21,6	0,7	25,4	0,8	0,00	0,0	54,6	1,8
HCO3	163,3	2,7	158,0	2,6	2,59	0,0	275,4	4,5
SO4	3056,0	63,7	2936,4	61,2	6,78	0,0	5333,4	111,1
Cl	22161,6	625,2	21354,2	602,4	196,76	0,8	38664,8	1090,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,03	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,13	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,76		1,58		9,18	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,76		0,56		0,56		0,56	
TDS	40206,7		38741,9		340,4		70160,1	
pH	8,10		8,10		6,84		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	46%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	41%
BaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,39	1,39	1,81
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,39	0,40	0,77
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,6 bar	28,5 bar	51,7 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 1954,00 m3/hr  
 Presión Alim.: 12,7 bar Tasa recuperación perm.: 90,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 28,0 C(82F)  
 pH Agua Alim.: 9,60 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Dosis Químico, ppm (100%) 7,0 NaOH Disminución flux %/año: 0,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 0,0

Flux promedio: 34,8 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1431,9	16,0	5,4	36,8	1,21	9,9 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	522,3	12,3	3,6	30,4	1,25	7,9 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,9	0,0	0,9	0,0	0,005	0,0	9,0	0,5
Mg	3,1	0,3	3,1	0,3	0,018	0,0	30,6	2,5
Na	120,2	5,2	120,2	5,2	3,259	0,1	1172,9	51,0
K	8,3	0,2	8,3	0,2	0,279	0,0	80,3	2,1
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,013	0,0	0,013	0,0	0,000	0,0	0,130	0,0
CO3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,001	0,0	17,0	0,6
HCO3	2,6	0,0	2,9	0,0	0,135	0,0	15,8	0,3
SO4	6,8	0,1	6,8	0,1	0,045	0,0	67,3	1,4
Cl	196,8	5,6	196,8	5,6	5,209	0,1	1920,7	54,2
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,3	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,024	0,0	1,1	0,0
B	1,58		1,58		0,35		12,61	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,56		0,00		0,00		0,00	
TDS	340,4		341,2		9,33		3328,0	
pH	6,8		9,60		8,30		10,34	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,28	-1,34	1,42
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,20	-1,26	1,35
Fuerza iónica	0,01	0,01	0,06
Presión osmótica	0,3 bar	0,3 bar	2,6 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2222,7	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5422,8	2171,0	m3/hr	Caudal de Permeado:	2440,00	1954,00	m3/hr
Presión Alim.:	57,7	12,7	bar	Caudal agua cruda:		5205,1	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		28,0	C(82F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,60		Recup. total sistema:		42,7	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	7,0		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales,	10,0	0,0	
				%/año:			
Flux promedio:	13,8	34,8	lm2hr	Tipo de Alimentación:			Agua de mar - toma abierta

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\* LOS SIGUIENTES PAR?METROS EXCEDEN LOS L?MITES DEL DISENO: \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Indice Langelier de saturación muy alto en Conc. (1,81)

Directrices generales para diseñar un sistema  
 sistema de ósmosis utilizando membranas Hydranautics. Por favor consulte  
 a Hydranautics para recomendaciones específicas fuera de las recomendaciones  
 señaladas

Límites caudal de la Alim. y del Conc.

Diámetro elemento	Caudal máx. de la Alim.	Caudal mínimo de Conc.
8.0 pulg	75 gpm (283.9 lpm)	12 gpm (45.4 lpm)
8.0 pulg(Full Fit)	75 gpm (283.9 lpm)	30 gpm (113.6 lpm)

Factor Beta no debe superar 1.2 para las membranas convencionales

Límites de saturación para sales poco solubles en Conc.

Sal soluble	Saturación
BaSO4	6000%
CaSO4	230%
SrSO4	800%
SiO2	100%

El Índ.de Sat.de Langelier para el Conc. no debe exceder1,8

Los lím. antes indicados aplican sólo si se utiliza un inhib.de incrust.efectivo.  
 Sin inhibidor, la saturación en el Concentrado no debe superar 100%



## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2224,0	m3/hr
Caudal bomba alta pres.:	5396,1	2037,7	m3/hr	Caudal de Permeado:	2428,00	1834,00	m3/hr
Presión Alim.:	55,5	11,8	bar	Caudal agua cruda:		5191,8	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		28,0	C(82F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,50		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	5,2		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 32,7 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3	0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1327,7	15,0	5,2	34,1	1,20	9,2	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	506,5	11,8	3,4	29,5	1,25	7,3	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,6	21,2	0,124	0,0	773,2	38,6
Mg	1499,0	123,4	1443,3	118,8	0,420	0,0	2622,3	215,8
Na	12178,0	529,5	11752,9	511,0	17,891	0,8	21294,5	925,8
K	671,0	17,2	648,0	16,6	1,265	0,0	1173,1	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,126	0,1	0,002	0,0	11,129	0,3
CO3	21,6	0,7	25,3	0,8	0,004	0,0	54,7	1,8
HCO3	163,3	2,7	157,8	2,6	0,435	0,0	275,4	4,5
SO4	3056,0	63,7	2942,6	61,3	0,927	0,0	5346,0	111,4
Cl	22161,6	625,2	21381,7	603,2	29,202	0,8	38753,9	1093,2
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,032	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,62		0,474		9,25	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,76		0,57		0,10		0,00	
TDS	40206,7		38793,4		50,78		70321,4	
pH	8,10		8,10		7,86		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	46%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	41%
BaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,39	1,39	1,81
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,39	0,40	0,77
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,6 bar	28,6 bar	51,8 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres.: 5396,1 2037,7 m3/hr  
 Presión Alim.: 55,5 11,8 bar  
 Temp. Agua Alim.: 28,0 C(82F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 9,50  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 5,2

Caudal mezcla: 2224,0 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2428,00 1834,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5191,8 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 42,8 %  
 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,7 32,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim.	Conc.	Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones	Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar bar				
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3 0,0	255,6	SWC5	4760	680x7
2-1	1327,7	15,0	5,2	34,1	1,20	9,2 2,0	3,6	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	506,5	11,8	3,4	29,5	1,25	7,3 0,0	14,7	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en SrSO4	Concentrado BaSO4	SiO2	Lang.
1-1	1	55,5	0,2	1,2	32,5	1,06	80,4	33,7	27	24	26	1	2,1
1-1	2	55,2	0,2	0,9	23,3	1,04	100,8	38,7	32	28	31	1	2,2
1-1	3	55,0	0,2	0,6	16,1	1,03	124,9	43,0	36	32	35	1	2,3
1-1	4	54,9	0,1	0,4	10,1	1,03	154,3	46,3	40	35	38	1	2,3
1-1	5	54,7	0,1	0,2	6,6	1,02	186,5	48,8	42	38	41	1	2,4
1-1	6	54,6	0,1	0,2	4,5	1,01	220,5	50,5	44	40	43	1	2,4
1-1	7	54,5	0,1	0,1	2,9	1,01	257,3	51,8	46	41	44	1	2,4
2-1	1	11,8	0,6	1,7	41,4	1,11	2,2	0,2	0	0	0	0	-1,7
2-1	2	11,2	0,5	1,5	37,7	1,10	2,5	0,3	0	0	0	0	-1,6
2-1	3	10,7	0,4	1,5	35,5	1,13	2,7	0,3	0	0	0	0	-1,5
2-1	4	10,3	0,4	1,4	33,7	1,14	2,9	0,3	0	0	0	0	-1,4
2-1	5	9,9	0,3	1,3	32,1	1,15	3,1	0,4	0	0	0	0	-1,3
2-1	6	9,7	0,2	1,3	30,7	1,18	3,4	0,5	0	0	0	0	-1,1
2-1	7	9,4	0,2	1,2	29,4	1,21	3,6	0,6	0	0	0	0	-1,0
2-2	1	9,1	0,4	1,4	35,3	1,13	3,8	0,7	0	0	0	0	-0,9
2-2	2	8,6	0,3	1,4	33,2	1,10	4,0	0,8	0	0	0	0	-0,8
2-2	3	8,3	0,3	1,3	31,3	1,15	4,3	0,9	0	0	0	0	-0,6
2-2	4	8,0	0,2	1,2	29,6	1,17	4,7	1,1	0	0	0	0	-0,5
2-2	5	7,8	0,2	1,1	27,8	1,19	5,2	1,3	0	0	0	0	-0,4
2-2	6	7,6	0,1	1,1	25,9	1,22	5,9	1,6	0	0	0	0	-0,2
2-2	7	7,5	0,1	1,0	23,7	1,27	6,9	2,1	0	0	0	0	0,0

Etapa	PND bar
1-1	15,0
2-1	8,1
2-2	6,9

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2428,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5396,1 m3/hr Caudal agua cruda: 5191,8 m3/hr

Presión Alim.: 55,5 bar Tasa recuperación perm: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 28,0 C(82F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2428,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3	0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,6	21,2	0,69	0,0	773,2	38,6
Mg	1499,0	123,4	1443,3	118,8	2,33	0,0	2622,3	215,8
Na	12178,0	529,5	11752,9	511,0	91,02	0,8	21294,5	925,8
K	671,0	17,2	648,0	16,6	6,27	0,0	1173,1	30,1
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,126	0,1	0,010	0,000	11,129	0,3
CO3	21,6	0,7	25,3	0,8	0,00	0,0	54,7	1,8
HCO3	163,3	2,7	157,8	2,6	1,96	0,0	275,4	4,5
SO4	3056,0	63,7	2942,6	61,3	5,13	0,0	5346,0	111,4
Cl	22161,6	625,2	21381,7	603,2	148,97	0,8	38753,9	1093,2
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,10	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,62		1,18		9,25	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,76		0,57		0,57		0,57	
TDS	40206,7		38793,4		257,7		70321,4	
pH	8,10		8,10		6,72		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	23%	22%	46%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	41%
BaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	44%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,39	1,39	1,81
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,39	0,40	0,77
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	29,6 bar	28,6 bar	51,8 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal de Permeado:	1834,00 m3/hr
Presión Alim.:	11,8 bar	Tasa recuperación perm:	90,0 %
Temp. Agua Alim.:	28,0 C(82F)	Edad de las Membranas:	0,0 años
pH Agua Alim.:	9,50	Disminución flux %/año:	0,0 %
Dosis Químico, ppm (100%)	5,2 NaOH	Factor de Ensuciamiento:	1,00
		Incremento paso sales, %/año:	0,0

Flux promedio:	32,7 lm2hr	Tipo de Alimentación:	Agua de mar - toma abierta
----------------	------------	-----------------------	----------------------------

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1327,7	15,0	5,2	34,1	1,21	9,2	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	506,5	11,8	3,4	29,5	1,27	7,3	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,7	0,0	0,7	0,0	0,004	0,0	6,8	0,3
Mg	2,3	0,2	2,3	0,2	0,013	0,0	23,2	1,9
Na	91,0	4,0	91,0	4,0	2,331	0,1	889,2	38,7
K	6,3	0,2	6,3	0,2	0,200	0,0	60,9	1,6
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,010	0,0	0,010	0,0	0,000	0,0	0,099	0,0
CO3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,001	0,0	12,6	0,4
HCO3	2,0	0,0	2,4	0,0	0,107	0,0	14,1	0,2
SO4	5,1	0,1	5,1	0,1	0,032	0,0	51,0	1,1
Cl	149,0	4,2	149,0	4,2	3,719	0,1	1456,2	41,1
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,017	0,0	0,9	0,0
B	1,18		1,18		0,32		8,83	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,57		0,00		0,00		0,00	
TDS	257,7		258,5		6,75		2524,2	
pH	6,7		9,50		8,16		10,27	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,64	-1,66	1,13
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,56	-1,58	1,11
Fuerza iónica	0,00	0,00	0,04
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	1,9 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:

Caudal bomba alta pres: 5396,1 2037,7 m3/hr

Presión Alim.: 55,5 11,8 bar

Temp. Agua Alim.: 28,0 C(82F)

pH Agua Alim.: 8,10 9,50

Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 5,2

Flux promedio: 13,7 32,7 lm2hr

Caudal mezcla: 2224,0 m3/hr

Caudal de Permeado: 2428,00 1834,00 m3/hr

Caudal agua cruda: 5191,8 m3/hr

Recuperación: 45,0 90,0 %

Recup. total sistema: 42,8 %

Edad de las Membranas: 0,0 años

Disminución flux %/año: 7,0 0,0

Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00

Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\* LOS SIGUIENTES PAR?METROS EXCEDEN LOS L?MITES DEL DISENO: \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Indice Langelier de saturación muy alto en Conc. (1,81)

Directrices generales para diseñar un sistema sistema de ósmosis utilizando membranas Hydranautics. Por favor consulte a Hydranautics para recomendaciones específicas fuera de las recomendaciones señaladas

Límites caudal de la Alim. y del Conc.

Diámetro elemento	Caudal máx. de la Alim.	Caudal mínimo de Conc.
8.0 pulg	75 gpm (283.9 lpm)	12 gpm (45.4 lpm)
8.0 pulg(Full Fit)	75 gpm (283.9 lpm)	30 gpm (113.6 lpm)

Factor Beta no debe superar 1.2 para las membranas convencionales

Límites de saturación para sales poco solubles en Conc.

Sal soluble	Saturación
BaSO4	6000%
CaSO4	230%
SrSO4	800%
SiO2	100%

El Índ.de Sat.de Langelier para el Conc. no debe exceder1,8

Los lím. antes indicados aplican sólo si se utiliza un inhib.de incrust.efectivo.  
 Sin inhibidor, la saturación en el Concentrado no debe superar 100%

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres.: 5431,7 2224,3 m3/hr  
 Presión Alim.: 57,2 12,2 bar  
 Temp. Agua Alim.: 32,0 C(90F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 9,80  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 10,7

Caudal mezcla: 2221,3 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2444,00 2002,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5208,7 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 42,6 %  
 Edad de las Membranas: 3,6 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 0,80 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,8 35,7 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2444,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,1 0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1484,8	16,4	5,4	38,1	1,21	9,3 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	517,4	12,3	3,7	30,1	1,22	7,3 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	424,3	21,2	0,108	0,0	770,7	38,4
Mg	1499,0	123,4	1439,1	118,4	0,367	0,0	2613,7	215,1
Na	12178,0	529,5	11735,4	510,2	17,677	0,8	21225,6	922,9
K	671,0	17,2	647,4	16,6	1,289	0,0	1169,3	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,108	0,1	0,002	0,0	11,093	0,3
CO3	24,9	0,8	29,3	1,0	0,006	0,0	62,8	2,1
HCO3	163,3	2,7	158,1	2,6	0,443	0,0	274,5	4,5
SO4	3056,0	63,7	2934,1	61,1	0,817	0,0	5328,4	111,0
Cl	22161,6	625,2	21345,9	602,1	28,780	0,8	38628,4	1089,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,005	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,045	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,85		0,489		9,15	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,71		0,53		0,05		0,00	
TDS	40206,7		38730,0		50,03		70101,7	
pH	8,10		8,10		8,05		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	40%
BaSO4 / Ksp * 100:	21%	19%	40%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,47	1,49	1,91
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,47	0,49	0,87
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	30,0 bar	28,9 bar	52,3 bar

DOS PASOS & CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto		
Caudal bomba alta pres:	5431,7	2224,3	m3/hr
Presión Alim.:	57,2	12,2	bar
Temp. Agua Alim.:		32,0	C(90F)
pH Agua Alim.:	8,10	9,80	
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	10,7	

Caudal mezcla:		2221,3	m3/hr
Caudal de Permeado:	2444,00	2002,00	m3/hr
Caudal agua cruda:		5208,7	m3/hr
Recuperación:	45,0	90,0	%
Recup. total sistema:		42,6	%
Edad de las Membranas:		3,6	años
Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,8 35,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2444,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,1	0,0	382,3	SWC5	4760	680x7
2-1	1484,8	16,4	5,4	38,1	1,21	9,3	2,0	5,9	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	517,4	12,3	3,7	30,1	1,22	7,3	0,0	33,4	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado				Lang.
									SrSO4	BaSO4	SiO2			
1-1	1	57,2	0,2	1,1	30,1	1,05	131,0	33,6	25	23	23	1	2,3	
1-1	2	57,0	0,2	0,8	22,6	1,04	160,5	38,3	30	27	27	1	2,3	
1-1	3	56,8	0,2	0,6	16,3	1,03	195,3	42,5	34	31	31	1	2,4	
1-1	4	56,6	0,2	0,4	11,5	1,02	234,9	46,1	38	34	34	1	2,5	
1-1	5	56,5	0,1	0,3	7,5	1,02	281,5	48,8	41	36	37	1	2,5	
1-1	6	56,3	0,1	0,2	5,2	1,02	331,0	50,8	43	38	39	1	2,5	
1-1	7	56,2	0,1	0,1	3,6	1,01	384,1	52,3	45	40	40	1	2,5	
2-1	1	12,2	0,7	2,0	48,2	1,12	3,2	0,3	0	0	0	0	-1,0	
2-1	2	11,5	0,6	1,8	42,8	1,10	3,5	0,4	0	0	0	0	-0,9	
2-1	3	10,9	0,5	1,6	40,1	1,10	3,8	0,4	0	0	0	0	-0,8	
2-1	4	10,5	0,4	1,5	37,7	1,15	4,1	0,5	0	0	0	0	-0,7	
2-1	5	10,1	0,3	1,5	35,6	1,16	4,6	0,6	0	0	0	0	-0,5	
2-1	6	9,8	0,2	1,4	33,7	1,18	5,2	0,7	0	0	0	0	-0,4	
2-1	7	9,5	0,2	1,3	31,9	1,22	6,0	0,9	0	0	0	0	-0,2	
2-2	1	9,1	0,4	1,6	38,1	1,13	6,4	1,1	0	0	0	0	-0,1	
2-2	2	8,7	0,4	1,4	35,4	1,10	6,9	1,2	0	0	0	0	0,0	
2-2	3	8,3	0,3	1,3	32,8	1,16	7,6	1,4	0	0	0	0	0,1	
2-2	4	8,0	0,2	1,2	30,3	1,17	8,6	1,7	0	0	0	0	0,2	
2-2	5	7,8	0,2	1,1	27,8	1,19	9,8	2,1	0	0	0	0	0,3	
2-2	6	7,6	0,1	1,0	24,9	1,21	11,4	2,5	0	0	0	0	0,5	
2-2	7	7,5	0,1	0,9	21,7	1,23	13,8	3,2	0	0	0	0	0,7	

Etapa	PND
	bar
1-1	16,5
2-1	8,2
2-2	6,3

Los cálculos de rendimiento del producto están basados en el rendimiento nominal del elemento de membrana, funcionando con agua de alimentación de una calidad aceptable. Los resultados mostrados en los listados creados por este programa son estimaciones del rendimiento del producto. Ninguna garantía del producto o rendimiento del sistema es expresada o implícita, a menos que sea proporcionada en una garantía separada firmada por un representante autorizado de Hydranautics. Los cálculos de la presión de alimentación aplicada son las mejores estimaciones para asistir al cliente en el dimensionamiento de la bomba de alta de alta presión y no son una garantía de la presión actual de operación durante la vida del producto. Las presiones calculadas contienen un margen de seguridad para asegurar que las bombas de alimentación sean apropiadamente dimensionadas basándose en la información proporcionada. El margen de seguridad incluye factores para un ratio normal de ensuciamiento de la membrana durante la vida del producto. Los cálculos para el consumo de productos químicos son la vida del producto. Los cálculos para el consumo de productos químicos son proporcionados para la conveniencia y están basados en varias hipótesis acerca de la calidad y la composición del agua de alimentación. Como la cantidad de reactivos químicos necesarios para el ajuste de pH es dependiente del agua de alimentación y no es dependiente de la membrana, Hydranautics no garantiza el consumo de reactivos químico. Si se requiere una garantía de sistema o producto, por favor póngase en contacto con representantes de Hydranautics. Las garantías no estándar o ampliadas, pueden resultar en precios diferentes a los precios cotizados anteriormente.  
(19/43)

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:

proyecto

Caudal bomba alta pres:

5431,7 m3/hr

Caudal de Permeado:

2444,00 m3/hr

Caudal agua cruda:

5208,6 m3/hr

Presión Alim.:

57,2 bar

Tasa recuperación perm:

45,0 %

Temp. Agua Alim.:

32,0 C(90F)

pH Agua Alim.:

8,10

Edad de las Membranas:

3,6 años

Dosis Químico,ppm (100%)

0,0 NaOH

Disminución flux %/año:

7,0 %

Factor de Ensuciamiento:

0,80

Incremento paso sales,  
%/año:

10,0

Flux promedio:

13,8 l/m2hr

Tipo de Alimentación:

Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2444,3	8,0	4,4	13,8	1,01	56,1 0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	424,3	21,2	1,03	0,0	770,7	38,4
Mg	1499,0	123,4	1439,1	118,4	3,49	0,0	2613,7	215,1
Na	12178,0	529,5	11735,4	510,2	136,13	0,8	21225,6	922,9
K	671,0	17,2	647,4	16,6	9,38	0,0	1169,3	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,108	0,1	0,015	0,000	11,093	0,3
CO3	24,9	0,8	29,3	1,0	0,00	0,0	62,8	2,1
HCO3	163,3	2,7	158,1	2,6	2,94	0,0	274,5	4,5
SO4	3056,0	63,7	2934,1	61,1	7,67	0,0	5328,4	111,0
Cl	22161,6	625,2	21345,9	602,1	222,78	0,8	38628,4	1089,7
F	1,5	0,1	1,5	0,1	0,03	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,15	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,85		1,82		9,15	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,71		0,53		0,53		0,53	
TDS	40206,7		38730,0		385,5		70101,7	
pH	8,10		8,10		6,91		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	40%
BaSO4 / Ksp * 100:	21%	19%	40%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,47	1,49	1,91
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,47	0,49	0,87
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	30,0 bar	28,9 bar	52,3 bar



## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal de Permeado:	2002,00 m3/hr
Presión Alim.:	12,2 bar	Tasa recuperación perm:	90,0 %
Temp. Agua Alim.:	32,0 C(90F)	Edad de las Membranas:	3,6 años
pH Agua Alim.:	9,80	Disminución flux %/año:	0,0 %
Dosis Químico, ppm (100%)	10,7 NaOH	Factor de Ensuciamiento:	1,00
		Incremento paso sales, %/año:	0,0

Flux promedio: 35,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1484,8	16,4	5,4	38,1	1,22	9,3	2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	517,4	12,3	3,7	30,1	1,23	7,3	0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	1,0	0,1	1,0	0,1	0,008	0,0	10,2	0,5
Mg	3,5	0,3	3,5	0,3	0,025	0,0	34,6	2,9
Na	136,1	5,9	136,1	5,9	4,687	0,2	1319,1	57,4
K	9,4	0,2	9,4	0,2	0,401	0,0	90,2	2,3
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,015	0,0	0,015	0,0	0,000	0,0	0,147	0,0
CO3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,003	0,0	21,8	0,7
HCO3	3,0	0,0	2,8	0,0	0,167	0,0	13,6	0,2
SO4	7,7	0,2	7,7	0,2	0,066	0,0	76,1	1,6
Cl	222,8	6,3	222,8	6,3	7,505	0,2	2160,2	60,9
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,002	0,0	0,3	0,0
NO3	0,2	0,0	0,2	0,0	0,034	0,0	1,2	0,0
B	1,82		1,82		0,34		15,08	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,53		0,00		0,00		0,00	
TDS	385,5		386,2		13,24		3742,6	
pH	6,9		9,80		8,60		10,49	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,02	-0,94	1,76
Indice Sat. de Stiff & Davis	-3,92	-0,84	1,67
Fuerza iónica	0,01	0,01	0,07
Presión osmótica	0,3 bar	0,3 bar	2,9 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2221,3	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5431,7	2224,3	m3/hr	Caudal de Permeado:	2444,00	2002,00	m3/hr
Presión Alim.:	57,2	12,2	bar	Caudal agua cruda:		5208,7	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		32,0	C(90F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,80		Recup. total sistema:		42,6	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	10,7		Edad de las Membranas:		3,6	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	0,80	1,00	
				Incremento paso sales,	10,0	0,0	
				%/año:			
Flux promedio:	13,8	35,7	lm2hr	Tipo de Alimentación:			Agua de mar - toma abierta

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\* LOS SIGUIENTES PAR?METROS EXCEDEN LOS L?MITES DEL DISENO: \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Indice Langelier de saturación muy alto en Conc. (1,91)

Directrices generales para diseñar un sistema sistema de ósmosis utilizando membranas Hydranautics. Por favor consulte a Hydranautics para recomendaciones específicas fuera de las recomendaciones señaladas

Límites caudal de la Alim. y del Conc.

Diámetro elemento	Caudal máx. de la Alim.	Caudal mínimo de Conc.
8.0 pulg	75 gpm (283.9 lpm)	12 gpm (45.4 lpm)
8.0 pulg(Full Fit)	75 gpm (283.9 lpm)	30 gpm (113.6 lpm)

Factor Beta no debe superar 1.2 para las membranas convencionales

Límites de saturación para sales poco solubles en Conc.

Sal soluble	Saturación
BaSO4	6000%
CaSO4	230%
SrSO4	800%
SiO2	100%

El Índ.de Sat.de Langelier para el Conc. no debe exceder1,8

Los lím. antes indicados aplican sólo si se utiliza un inhib.de incrust.efectivo.  
 Sin inhibidor, la saturación en el Concentrado no debe superar 100%

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto	Caudal mezcla:	2220,0	m3/hr			
Caudal bomba alta pres:	5405,0	2117,7	m3/hr	Caudal de Permeado:	2432,00	1906,00	m3/hr
Presión Alim.:	55,4	11,4	bar	Caudal agua cruda:		5192,6	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		32,0	C(90F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,70		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	8,1		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales, %/año:	10,0	0,0	

Flux promedio: 13,7 34,0 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3 0,0	SWC5	4760	680x7
2-1	1395,0	15,6	5,3	35,8	1,21	8,7 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	511,2	12,1	3,5	29,8	1,24	6,8 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda		Agua Alim.		Permeado		Conc.	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,0	21,2	0,115	0,0	772,1	38,5
Mg	1499,0	123,4	1441,3	118,6	0,389	0,0	2618,4	215,5
Na	12178,0	529,5	11741,6	510,5	17,363	0,8	21264,0	924,5
K	671,0	17,2	647,5	16,6	1,243	0,0	1171,4	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,000	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,0	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,117	0,1	0,002	0,0	11,113	0,3
CO3	24,9	0,8	29,3	1,0	0,005	0,0	62,9	2,1
HCO3	163,3	2,7	157,9	2,6	0,428	0,0	274,5	4,5
SO4	3056,0	63,7	2938,6	61,2	0,861	0,0	5338,2	111,2
Cl	22161,6	625,2	21360,0	602,5	28,311	0,8	38698,3	1091,6
F	1,5	0,1	1,4	0,1	0,004	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,036	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,68		0,469		9,23	
SiO2	1,0		1,0		0,00		1,7	
CO2	0,71		0,53		0,08		0,00	
TDS	40206,7		38757,4		49,23		70228,1	
pH	8,10		8,10		7,92		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	40%
BaSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	40%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,47	1,49	1,91
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,47	0,49	0,87
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	30,0 bar	28,9 bar	52,4 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto  
 Caudal bomba alta pres: 5405,0 2117,7 m3/hr  
 Presión Alim.: 55,4 11,4 bar  
 Temp. Agua Alim.: 32,0 C(90F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 9,70  
 Dosis Químico, ppm, ppm 0,0 8,1

Caudal mezcla: 2220,0 m3/hr  
 Caudal de Permeado: 2432,00 1906,00 m3/hr  
 Caudal agua cruda: 5192,6 m3/hr  
 Recuperación: 45,0 90,0 %  
 Recup. total sistema: 42,8 %  
 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Disminución flux %/año: 7,0 0,0  
 Factor de Ensuciamiento 1,00 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0 0,0

Flux promedio: 13,7 34,0 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo	Caudal/tubo Alim. Conc.		Flux	Beta	Conc.&Contra. Presiones		Perm. SDT (ppm)	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
	m3/hr	m3/hr	m3/hr	l/m2-hr		bar	bar				
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3	0,0	289,4	SWC5	4760	680x7
2-1	1395,0	15,6	5,3	35,8	1,21	8,7	2,0	4,6	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	511,2	12,1	3,5	29,8	1,24	6,8	0,0	21,3	ESPAB MAX	420	60x7

etapa	Elem N°	Alim. pres Bar	Pres gota Bar	Perm flujo m3/hr	Perm Flux l/m2h	Beta	Perm sal SDT (ppm)	Conc. osm pres	CaSO4	Saturación en Concentrado			Lang.
									SrSO4	BaSO4	SiO2		
1-1	1	55,4	0,2	1,3	34,8	1,06	85,3	34,5	26	24	24	1	2,3
1-1	2	55,1	0,2	0,9	23,9	1,04	109,2	39,8	32	28	29	1	2,4
1-1	3	54,9	0,2	0,6	15,8	1,03	137,3	44,3	36	32	33	1	2,4
1-1	4	54,8	0,1	0,3	9,3	1,03	172,0	47,5	39	35	36	1	2,5
1-1	5	54,6	0,1	0,2	5,9	1,02	209,7	49,7	42	37	38	1	2,5
1-1	6	54,5	0,1	0,1	3,9	1,01	249,1	51,3	44	39	39	1	2,5
1-1	7	54,4	0,1	0,1	2,4	1,01	291,6	52,3	45	40	40	1	2,5
2-1	1	11,4	0,6	1,8	44,6	1,12	2,7	0,3	0	0	0	0	-1,3
2-1	2	10,8	0,5	1,6	40,1	1,10	3,0	0,3	0	0	0	0	-1,2
2-1	3	10,3	0,4	1,5	37,5	1,10	3,3	0,3	0	0	0	0	-1,1
2-1	4	9,8	0,4	1,4	35,3	1,14	3,6	0,4	0	0	0	0	-1,0
2-1	5	9,5	0,3	1,4	33,4	1,16	3,9	0,5	0	0	0	0	-0,9
2-1	6	9,2	0,2	1,3	31,7	1,18	4,2	0,5	0	0	0	0	-0,7
2-1	7	8,9	0,2	1,2	30,2	1,21	4,7	0,7	0	0	0	0	-0,6
2-2	1	8,6	0,4	1,5	36,8	1,13	4,9	0,8	0	0	0	0	-0,5
2-2	2	8,1	0,4	1,4	34,3	1,10	5,2	0,9	0	0	0	0	-0,4
2-2	3	7,8	0,3	1,3	32,0	1,15	5,7	1,0	0	0	0	0	-0,2
2-2	4	7,5	0,2	1,2	29,9	1,17	6,2	1,2	0	0	0	0	-0,1
2-2	5	7,3	0,2	1,1	27,7	1,19	7,0	1,5	0	0	0	0	0,0
2-2	6	7,1	0,1	1,0	25,4	1,22	8,0	1,9	0	0	0	0	0,2
2-2	7	7,0	0,1	0,9	22,7	1,25	9,5	2,4	0	0	0	0	0,4

Etapa	PND bar
1-1	14,5
2-1	7,6
2-2	6,2

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO1

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 2432,00 m3/hr  
 Caudal bomba alta pres.: 5405,0 m3/hr Caudal agua cruda: 5192,6 m3/hr

Presión Alim.: 55,4 bar Tasa recuperación perm.: 45,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 32,0 C(90F)  
 pH Agua Alim.: 8,10 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico,ppm (100%) 0,0 NaOH Disminución flux %/año: 7,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 10,0  
 Flux promedio: 13,7 l/m2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
1-1	2432,3	7,9	4,4	13,7	1,01	54,3 0,0	SWC5	4760	680x7

Ión	Agua cruda 1		Agua Alim. 1		Permeado 1		Conc. 1	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	442,0	22,0	425,0	21,2	0,78	0,0	772,1	38,5
Mg	1499,0	123,4	1441,3	118,6	2,64	0,0	2618,4	215,5
Na	12178,0	529,5	11741,6	510,5	103,06	0,8	21264,0	924,5
K	671,0	17,2	647,5	16,6	7,10	0,0	1171,4	30,0
NH4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,2	0,0
Ba	0,006	0,0	0,006	0,0	0,000	0,000	0,010	0,0
Sr	6,362	0,1	6,117	0,1	0,011	0,000	11,113	0,3
CO3	24,9	0,8	29,3	1,0	0,00	0,0	62,9	2,1
HCO3	163,3	2,7	157,9	2,6	2,23	0,0	274,5	4,5
SO4	3056,0	63,7	2938,6	61,2	5,81	0,0	5338,2	111,2
Cl	22161,6	625,2	21360,0	602,5	168,67	0,8	38698,3	1091,6
F	1,5	0,1	1,4	0,1	0,02	0,0	2,6	0,1
NO3	2,0	0,0	2,0	0,0	0,11	0,0	3,5	0,1
B	5,50		5,68		1,35		9,23	
SiO2	1,0		1,0		0,01		1,7	
CO2	0,71		0,53		0,53		0,53	
TDS	40206,7		38757,4		291,8		70228,1	
pH	8,10		8,10		6,79		8,01	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	22%	21%	45%
SrSO4 / Ksp * 100:	20%	19%	40%
BaSO4 / Ksp * 100:	21%	20%	40%
Sat. SiO2:	1%	1%	1%
Indice Sat. de Langelier	1,47	1,49	1,91
Indice Sat. de Stiff & Davis	0,47	0,49	0,87
Fuerza iónica	0,80	0,77	1,39
Presión osmótica	30,0 bar	28,9 bar	52,4 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE) PASO2

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto: proyecto Caudal de Permeado: 1906,00 m3/hr  
 Presión Alim.: 11,4 bar Tasa recuperación perm.: 90,0 %  
 Temp. Agua Alim.: 32,0 C(90F)  
 pH Agua Alim.: 9,70 Edad de las Membranas: 0,0 años  
 Dosis Químico, ppm (100%) 8,1 NaOH Disminución flux %/año: 0,0 %  
 Factor de Ensuciamiento: 1,00  
 Incremento paso sales, %/año: 0,0

Flux promedio: 34,0 lm2hr Tipo de Alimentación: Agua de mar - toma abierta

Etapa	Perm. Flujo m3/hr	Caudal/tubo Alim. m3/hr	Conc. m3/hr	Flux l/m2-hr	Beta	Conc.&Contra. Presiones bar bar	Elemento Tipo	Elem. N?	Arreglo
2-1	1395,0	15,6	5,3	35,8	1,21	8,7 2,0	ESPAB MAX	952	136x7
2-2	511,2	12,1	3,5	29,8	1,25	6,8 0,0	ESPAB MAX	420	60x7

Ión	Agua cruda 2		Agua Alim. 2		Permeado 2		Conc. 2	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	0,8	0,0	0,8	0,0	0,005	0,0	7,7	0,4
Mg	2,6	0,2	2,6	0,2	0,018	0,0	26,2	2,2
Na	103,1	4,5	103,1	4,5	3,235	0,1	1001,5	43,5
K	7,1	0,2	7,1	0,2	0,277	0,0	68,5	1,8
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Sr	0,011	0,0	0,011	0,0	0,000	0,0	0,111	0,0
CO3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,002	0,0	16,4	0,5
HCO3	2,2	0,0	2,4	0,0	0,129	0,0	12,2	0,2
SO4	5,8	0,1	5,8	0,1	0,045	0,0	57,7	1,2
Cl	168,7	4,8	168,7	4,8	5,173	0,1	1640,1	46,3
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,0	0,2	0,0
NO3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,024	0,0	0,9	0,0
B	1,35		1,35		0,32		10,61	
SiO2	0,0		0,0		0,000		0,1	
CO2	0,53		0,00		0,00		0,00	
TDS	291,8		292,6		9,23		2842,3	
pH	6,8		9,70		8,46		10,41	

	Agua cruda	Agua Alim.	Conc.
CaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
SrSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
BaSO4 / Ksp * 100:	0%	0%	0%
Sat. SiO2:	0%	0%	0%
Indice Sat. de Langelier	-4,38	-1,26	1,47
Indice Sat. de Stiff & Davis	-4,28	-1,16	1,43
Fuerza iónica	0,01	0,01	0,05
Presión osmótica	0,2 bar	0,2 bar	2,2 bar

## DOS PASOS &amp; CONTRAPRES. PERM.(VARIABLE)

Programa O.I. licenciado a:

Cálculo creado por:

Proyecto:	proyecto			Caudal mezcla:		2220,0	m3/hr
Caudal bomba alta pres:	5405,0	2117,7	m3/hr	Caudal de Permeado:	2432,00	1906,00	m3/hr
Presión Alim.:	55,4	11,4	bar	Caudal agua cruda:		5192,6	m3/hr
Temp. Agua Alim.:		32,0	C(90F)	Recuperación:	45,0	90,0	%
pH Agua Alim.:	8,10	9,70		Recup. total sistema:		42,8	%
Dosis Químico, ppm, ppm	0,0	8,1		Edad de las Membranas:		0,0	años
				Disminución flux %/año:	7,0	0,0	
				Factor de Ensuciamiento	1,00	1,00	
				Incremento paso sales,	10,0	0,0	
				%/año:			
Flux promedio:	13,7	34,0	lm2hr	Tipo de Alimentación:			Agua de mar - toma abierta

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\* LOS SIGUIENTES PAR?METROS EXCEDEN LOS L?MITES DEL DISENO: \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Indice Langelier de saturación muy alto en Conc. (1,91)

Directrices generales para diseñar un sistema  
 sistema de ósmosis utilizando membranas Hydranautics. Por favor consulte  
 a Hydranautics para recomendaciones específicas fuera de las recomendaciones  
 señaladas

Límites caudal de la Alim. y del Conc.

Diámetro elemento	Caudal máx. de la Alim.	Caudal mínimo de Conc.
8.0 pulg	75 gpm (283.9 lpm)	12 gpm (45.4 lpm)
8.0 pulg(Full Fit)	75 gpm (283.9 lpm)	30 gpm (113.6 lpm)

Factor Beta no debe superar 1.2 para las membranas convencionales

Límites de saturación para sales poco solubles en Conc.

Sal soluble	Saturación
BaSO4	6000%
CaSO4	230%
SrSO4	800%
SiO2	100%

El Índ.de Sat.de Langelier para el Conc. no debe exceder1,8

Los lím. antes indicados aplican sólo si se utiliza un inhib.de incrust.efectivo.  
 Sin inhibidor, la saturación en el Concentrado no debe superar 100%