



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *Diseño de un proceso de producción de agua ultrapura para la industria alimentaria con una capacidad de 100m<sup>3</sup>/día*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Pedro Juan Ferrer Ivars*

**TUTOR:**

*Jaime Lora García*

GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Convocatoria de defensa: Septiembre/2018

## **Resumen**

La industria de alimentación y bebidas, que utilicen agua en sus procesos requieren de una fuente acuosa segura. Esta industria también requiere de técnicas de tratamiento capaces de producir agua de alta calidad, con el fin de no alterar las propiedades organolépticas del producto final.

Por eso, se va diseñar un sistema de producción de agua “ultrapura” ( $<10 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) a partir de agua de red y/o pozo, donde la industria elaborará bebidas refrescantes.

Para ello, se va a diseñar una planta de ósmosis inversa con su respectivo pre-tratamiento.

Este diseño, se va a desarrollar con la ayuda de un software que simula procesos de membrana, llamado IMSDesign, que ayudará a la elección de la configuración de la planta de ósmosis inversa.

Una vez diseñado el proceso, se desarrolla un estudio económico donde se cuantificará el valor de instalación de esta planta y el coste del agua producida.

## Índice

Resumen .....	1
Índice de Tablas.....	3
1. OBJETIVO (académico y profesional).....	4
2. ANTECEDENTES del sector de las bebidas .....	5
3. TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO, TRATAMIENTO Y POST-TRATAMIENTO .....	11
3.1. Filtración .....	11
3.1.1. Filtración por arena .....	11
3.1.2. Filtración por carbón activado.....	13
3.2. Tecnología de membranas .....	14
3.2.1. Microfiltración y Ultrafiltración.....	16
3.2.2. Nanofiltración .....	18
3.2.3. Ósmosis inversa.....	19
3.2.4. Electrodiálisis .....	21
3.3. Destilación/Evaporación .....	23
3.4. Adición de químicos.....	25
3.4.1. Desinfección.....	25
3.4.2. Coagulación y floculación.....	26
3.4.3. Antiincrustación .....	26
3.4.4. Reguladores de pH.....	26
3.5. Radiación Ultravioleta (UV) .....	26
3.6. Elección de la técnica de tratamiento óptima.....	28
4. DISEÑO DEL PROCESO .....	29
4.1. Software de diseño .....	29
4.2. Especificaciones de diseño .....	30
4.2.1. Especificaciones de diseño fijas .....	31
4.2.2. Especificaciones de diseño variables .....	36
4.3. Diagrama de flujo .....	37
5. SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN .....	38
5.1. Análisis de las membranas con un 50% de conversión.....	40
5.2. Análisis de las membranas con un 75% de conversión.....	42
5.3. Optimización de la configuración elegida.....	42
5.4. Esquema por menorizado del sistema de ósmosis inversa.....	44
6. ESTUDIO ECONÓMICO .....	46
6.1. Costes de inversión .....	46

6.2. Costes de amortización .....	47
7. CONCLUSIÓN.....	49
8. ANEXOS .....	50
ANEXO I. Resultados simulación 50% conversión con una etapa y siete elementos de membrana. ....	50
ANEXO II. Resultados simulación 50% conversión con una etapa y seis elementos de membrana. ....	59
ANEXO III. Resultados simulación 50% conversión con dos etapas y siete elementos de membrana. ....	68
ANEXO IV. Resultados simulación 50% conversión con dos etapas y seis elementos de membrana. ....	74
ANEXO V. Resultados simulación 75% conversión con una etapa y siete elementos de membrana. ....	81
ANEXO VI. Resultados simulación 75% conversión con una etapa y seis elementos de membrana. ....	85
ANEXO VII. Resultados simulación 75% conversión con dos etapas y siete elementos de membrana. ....	90
ANEXO VIII. Resultados simulación 75% conversión con dos etapas y seis elementos de membrana. ....	92
9. BIBLIOGRAFIA .....	96

## Índice de Tablas

Tabla 1. Aportación al Producto Industrial Bruto de las diferentes industrias .....	5
Tabla 2. Tabla comparativa de tecnologías de membrana. ....	16
Tabla 3. Cuadro resumen de ventajas y desventajas de las geometrías de los módulos de membrana	18
Tabla 4. Comparación de calidades de agua destilada según su marca comercial. ....	25
Tabla 5. Análítica de componentes principales de agua de entrada .....	34
Tabla 6. Valores estándar de agua ultrapura según tipo .....	35
Tabla 7. Precio de la planta de ósmosis. ....	46
Tabla 8. Costes variables de amortización. ....	47
Tabla 9. Costes fijos de amortización. ....	48

## **1. OBJETIVO (académico y profesional)**

Diseñar y desarrollar una planta de ósmosis inversa completa (pre-tratamiento, membranas, post-tratamiento) con capacidad de 100m<sup>3</sup>/día para una industria alimentaria en la sección de bebidas, con altas exigencias de calidad en el agua producida.

Aprender a manejar software específico de diseño y optimización de plantas de producción de agua “ultrapura”.

Aprender a seleccionar los materiales más adecuados desde el punto de vista ingenieril y que se adapten a la legislación de aguas para uso alimentario.

## 2. ANTECEDENTES del sector de las bebidas

La industria de alimentación y bebidas es un sector muy goloso para los empresarios, ya que es una de las industrias que más dinero mueve y más consolidadas están. Ésta engloba muchas industrias diferentes, dónde algunas están directamente ligadas a este sector como fábrica de galletas, industria de bebidas refrescantes, industria láctea... o muchas de ellas están indirectamente unidas a este sector, como pueden ser la industria de envase y embalaje, una empresa de transportes...

Como podemos ver en la tabla, esta industria es una de las pocas que sigue creciendo en este país:

Tabla 1. Aportación al Producto Industrial Bruto de las diferentes industrias

CNAE	Sector	2015	%2015	%2007	2015/2007
10, 11, 12	Alimentación, Bebidas y Tabaco	28.017	20,1	17,1	▲ 17,4
13, 14, 15	Industria Textil, Confección y Calzado	5.684	4,1	4,7	-12,6
16, 17, 18	Papel, Artes Gráficas, Madera y Corcho	8.032	5,8	7,9	-27,0
19	Coquerías y Refino	2.880	2,1	1,8	▲ 13,3
20, 21	Industria Química y Farmacéutica	17.774	12,8	10,8	▲ 18,4
22, 23	Min. no Metálic./Transf. Plástico y caucho	11.058	7,9	10,8	-26,6
24, 25	Metalurgia y Productos Metálicos	17.666	12,7	15,1	-15,8
26, 27	Equipo Eléctrico, Electrónico y Óptico	7.899	5,7	6,7	-15,4
28	Maquinaria y Equipo Mecánico	10.454	7,5	5,8	▲ 29,8
29, 30	Material de Transporte	18.725	13,4	11,3	▲ 19,0
31, 32, 33	Industrias Manufactureras Diversas	11.111	8,0	8,0	-0,7
<b>TOTAL INDUSTRIA MANUFACTURERA</b>		<b>139.300</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE), 2015.

La tabla nos habla sobre el Producto Industrial Bruto en España, donde se observa claramente que la industria de la alimentación y bebidas es una de las que más valor añadido le aporta. Las cifras que se muestran en la tabla son en millones de €.

Según la **Federación Española de Industrias de la Alimentación y bebidas (FIAB)**, la industria de la alimentación y bebidas mueve alrededor de **96.400M€**, lo que supone un **3% del PIB** de la economía española, lo que la lleva a ser el principal sector industrial de España. Este organismo se creó para encargarse de velar por los intereses del sector frente a las Administraciones tanto nacionales como internacionales. También se encarga de posibles retos futuros que puedan afectar al sector intentando anticiparse.

“El 63% de las industrias del sector realizan innovación de manera continuada” (Maribel Álvarez, 20 de Abril de 2018, la industria de alimentación y bebidas apuesta en Alimentaria 2018 por la innovación como generador de riqueza y futuro).

Cualquier cambio en la sociedad puede ocasionar grandes pérdidas a esta industria, con lo que estas industrias deben estar siempre alerta a los cambios que se puedan ocasionar, teniendo siempre que anticiparse o adaptarse a estos cambios mediante una continua evolución y desarrollo de nuevos productos o procesos productivos. Aunque las empresas de esta industria

estén bien consolidadas, no quiere decir que no inviertan en Investigación, desarrollo e innovación, lo que les hace tener un potente apartado de **I+D+i**, que según la **FIAB** está entorno a los **1.500M€** en el sector. Toda esta innovación y desarrollo no sólo se centra en los productos finales que se producen en esta industria, sino que también hay que actualizarse con respecto a los procesos productivos, ya que siempre se trata de estar actualizados para hacer frente a cualquiera de los cambios ocasionados en la sociedad.

Todo este desarrollo de nuevos productos y procesos productivos no vienen siempre ocasionados por la sociedad que compra el producto final, también hay que tener en cuenta que cada vez más nos volvemos más restrictivos con la seguridad alimentaria. Con este fin, muchos de los productos o procesos se actualizan para no tener ningún problema sanitario, ya que puede ocasionar enfermedades a una gran escala debido a su consumo en masa. Este factor viene ligado a una reglamentación por la Administración del Estado, con lo que se debe cumplir por encima del estándar marcado por ellos.

Dentro de la industria de la alimentación y bebidas existen muchos sub-sectores, ya que no tiene nada que ver los procesos de hacer conservas de anchoas a fabricar una galleta o por ende tampoco tiene nada que ver con fabricar o embotellar bebidas. Por ello, cada proceso productivo suele englobarse en un marco más parecido al suyo, es decir, las actividades que tengan procesos productivos o productos parecidos se englobarán en un subsector de esta industria.

Por este motivo, la **Federación Española de Industrias de la Alimentación y bebidas** está formada por muchas asociaciones que velan por los intereses de sus industrias, haciéndose cada asociación específica en sus productos. La **FIAB** puede dividirse en dos como su nombre indica, en industrias de la alimentación y en industrias de las bebidas.

La industria de las bebidas es muy amplia, tan amplia como productos hay en el mercado, por eso hay que diferenciar dos tipos, las bebidas alcohólicas y las no alcohólicas. Como venimos diciendo, dentro de cada grupo existirán muchas secciones que conforman esta industria.

En el ámbito más específico, la industria que se va a desarrollar en este proyecto, tratará de fabricar bebidas refrescantes no alcohólicas. Esta industria viene respaldada por la **Asociación de Bebidas Refrescantes (ANFABRA)**, que a su vez forma parte de la **FIAB**.

Anteriormente hemos visto la aportación al Valor añadido bruto (VAB) del conjunto de industrias que conforman la industria de alimentos y bebidas, pero analizando los datos por sectores que lo conforman, la industria de las bebidas refrescantes aporta aproximadamente un **13%** del VAB de todo el sector, lo que quiere decir que suma **3.806 M€** en 2016. Es uno de los sectores que más aporta a la industria de alimentos y bebidas, siendo de los más importantes para el sector.

En España, durante unos años las ventas de las bebidas refrescantes sufrieron un pequeño bajón, ocasionando que el sector entrara en declive.

Como el resto del sector, la industria de las bebidas refrescantes también apuesta por el desarrollo de nuevos productos y procesos. Este desarrollo de nuevos productos ocasiona que el sector afronte una subida en las ventas, adaptándose a los cambios de económicos de la sociedad, lo que conlleva a las buenas cifras que previamente hemos comentado.

La constante evolución de esta industria hace que se desarrollen más de 2000 referencias de diferentes productos y formatos. La constante evolución lleva a la industria de las bebidas refrescantes a invertir entre el 2% y 4,5% de la facturación en el sector de I+D+i. Todas las bebidas refrescantes que salgan o estén ya en el mercado tienen que cumplir la ley técnico-sanitaria de bebidas refrescantes enmarcada en el **Real Decreto 650/2011 del 9 de mayo**. Toda esta innovación es aplicable a casi todos los procesos que desarrolle la empresa, desde el desarrollo de un nuevo formato del envase hasta el desarrollo de una tecnología que permita hacer más eficiente a la empresa, por ejemplo.

En este esquema podemos ver la mayoría de procesos que se desarrollan en esta industria grandes rasgos:

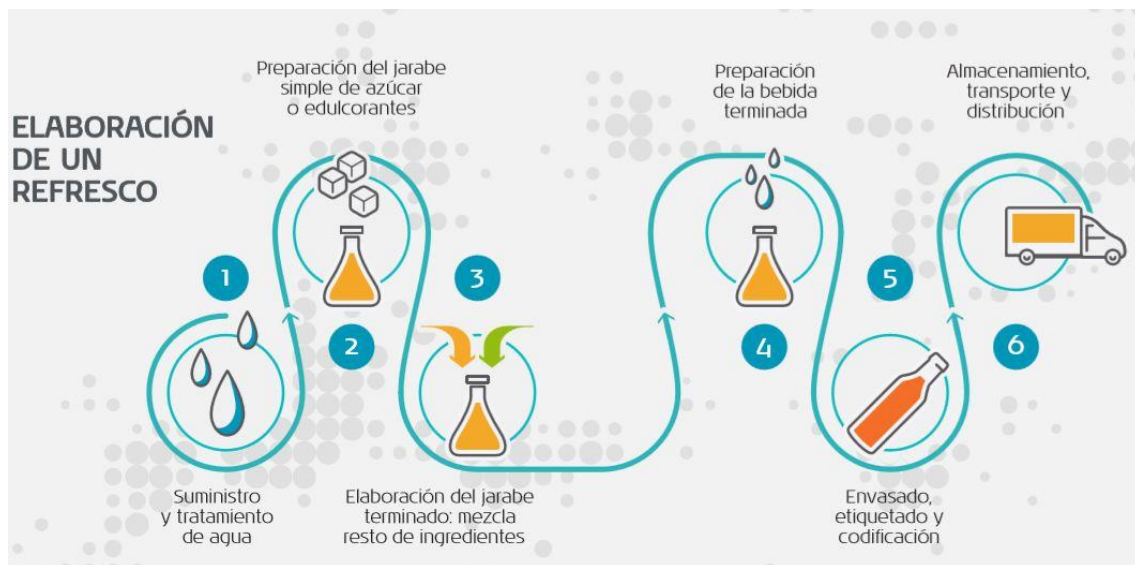


Imagen 1. Esquema de la elaboración de un refresco

Estos serían los principales procesos que se llevan en esta industria, sin introducirnos mucho dentro de cada proceso, es decir, dentro de cada parte se lleva un proceso más complejo de que se puede intuir en la imagen.

Después de introducir a grandes rasgos lo que sería una planta de producción de un refresco, podemos analizar cada apartado a por menor, entrando en cada uno de los diferentes procesos que se llevan a cabo para fabricar un refresco.



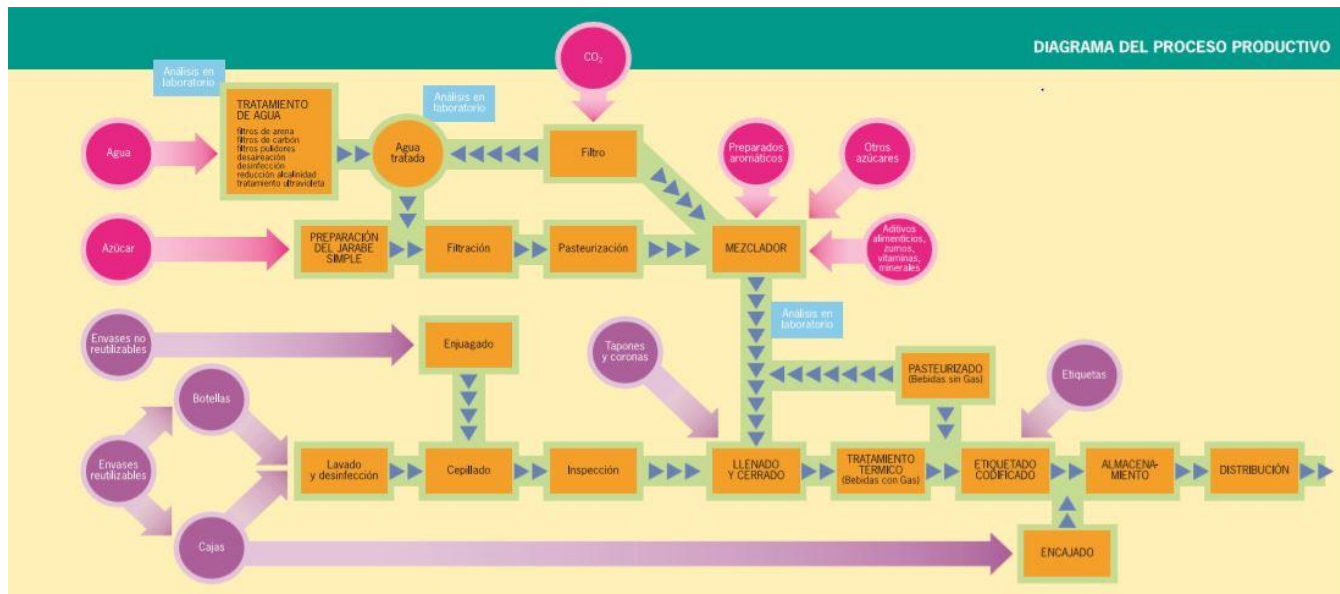


Imagen 2. Diagrama del proceso productivo de un refresco.

Toda producción de un refresco empieza con el suministro de una fuente de abastecimiento segura de agua, siendo esta el componente principal y mayoritario en su composición. Es el ingrediente del cuál luego se va a desarrollar el resto de la producción, por eso es de tal importancia que tenga una buena calidad.

A partir de esta base acuosa, se va a proceder al añadido de otro tipo de sustancias y aditivos como zumos, azúcar, anhídrido carbónico, aromas, sales minerales, vitaminas... Todos estos componentes no tienen por qué ser añadidos a la vez o a un mismo producto, ya que dependiendo de qué aditivos se le añada se va a producir un tipo de refresco u otro. Como anteriormente se comentaba, existen más de 2000 referencias de refrescos existentes donde cada año se llegan a desarrollar más de 150 versiones o nuevos refrescos.

La fase final de esta producción, es el embotellado que se realizará con la mezcla de productos que se le han añadido al agua para producir el refresco. Este envase está fabricado con un material que no altera las propiedades organolépticas ni fisicoquímicas del producto y se encarga de mantenerlas hasta que el refresco llegue al consumidor.

Como se ha visto en el proceso productivo de un refresco, toda la variedad de refrescos tiene un ingrediente en común, el agua, por lo que se va a trabajar en desarrollar una buena agua.

Desde el punto de vista de ingeniería química, el apartado donde desarrollar nuestro proyecto sería en el primer paso, donde el agua proveniente de una fuente externa o interna se trata para así dar luego paso a las siguientes etapas del proceso de elaboración.

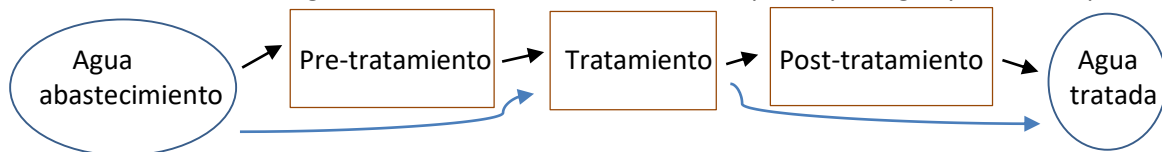
El tratamiento de agua en este proceso consiste en eliminar la mayoría de impureza, virus, bacterias y materia orgánica e inorgánica del agua, para su posterior utilización. El tratamiento de agua se tiene que cumplir las especificaciones de la industria y tiene que cumplir la legislación vigente, la cual se ampara en el **Real Decreto 1138/1990**. Este punto es fundamental, ya que todo el producto final se basa en la calidad del agua tratada.

Esta industria requiere agua de altísima calidad (agua “ultrapura”) con la que se garantiza que no influirá en las propiedades organolépticas del producto final y que cumplirá con las exigencias de la legislación vigente, siendo estas cada vez más restrictivas. Con ello también se garantiza la seguridad, puesto que si nos basamos en un agua en la que prácticamente se han eliminado toda su carga orgánica e inorgánica es muy poco probable que el consumo de esta ya sea por consumo directo o por el consumo posterior en el producto final cree cualquier infección o enfermedad.

El procedimiento a emplear en el tratamiento de agua va a venir determinado por la procedencia de la fuente de agua. La procedencia del agua vendrá determinada por la ubicación de la industria donde se va a desarrollar el producto, dónde se elegirá la fuente de agua que más oportuna crea la industria. En la mayoría de casos el agua tendrá procedencia de un pozo propio de la industria o de la red pública de abastecimiento de agua, siendo ambas muy parecidas debido a que suelen ser aguas aptas para consumo humano. La fuente de procedencia del agua también podría ser salobre o salada, aunque en esta industria no se suele utilizar debido a su mayor tratamiento.

Debido a la gran variedad de composiciones de agua que existen, la industria del tratamiento de agua desarrolla distintas tecnologías para tratar cada una de ellas, teniendo cada agua un o varias técnicas de tratamiento óptimas para ellas. Posteriormente diferenciaremos cada una de ellas y se elegirá la óptima para el proceso de purificación del agua.

Como decimos, cada agua tiene su técnica de tratamiento óptima y se rigen por tres etapas:



Este esquema define la mayoría de procesos de tratamiento de agua, pudiendo eliminar alguna de las etapas (pre-tratamiento y/o post-tratamiento) como indican las líneas azules.

El pre-tratamiento es el proceso que se suele llevar a cabo para la eliminación del algún tipo de sustancia que pueda perjudicar al tratamiento principal. Suele ser una adición de químicos o una filtración.

El tratamiento es el proceso que elimina la gran mayoría o la totalidad de la sustancia a eliminar siendo el procedimiento principal. Puede estar solo, es decir, no necesita obligatoriamente de pre-tratamiento y post-tratamiento. Este procedimiento abarca todas las técnicas de tratamiento de agua.

El post-tratamiento es el proceso complementario del tratamiento principal que elimina las sustancias que previamente no se hayan podido eliminar. Este procedimiento suele ser una adición de químicos o radiación ultravioleta.

Todo este tratamiento de agua va a depender de la calidad con la que se quiera obtener el agua.

En la industria convencional del refresco se emplean varias técnicas de tratamiento de forma conjunta, como son la filtración (filtros de arena, de carbón activado y pulidores), la desaireación, la reducción de la alcalinidad y el tratamiento de rayos ultravioleta.

Algunos de estas técnicas empleadas las podríamos clasificar como post-tratamiento siendo estas la desaireación y el tratamiento de rayos ultravioleta.

La desaireación se emplea para quitar todo el CO<sub>2</sub> que pueda contener el agua, para que no influya posteriormente con la posible carbonatación del refresco. Este proceso se lleva a cabo mediante una extracción del CO<sub>2</sub> creando el vacío, donde este CO<sub>2</sub> se podrá emplear luego para otros procesos y añadirlos en su justa medida, según la formulación de la bebida refrescante.

El tratamiento por rayos ultravioleta se emplea para asegurarse de que los virus y bacterias hayan sido eliminados. Este tipo de tratamiento lo exige la legislación, como medida de seguridad para posibles intoxicaciones por el consumo del agua tratada o producto final en el que se haya utilizado el agua tratada. Este proceso siempre se lleva a cabo cuando el agua va a ser utilizada en la industria.

Esta industria está en constante desarrollo, es por eso, que las técnicas convencionales pueden quedarse obsoletas, siendo necesario el desarrollo de nueva tecnología de tratamiento de agua como la osmosis inversa. Esta tecnología de tratamiento de agua es novedosa en el sector por el cual, vamos a diseñar una planta de tratamiento de agua por osmosis inversa (OI) en una industria de bebidas refrescantes en la cual se justificará su empleo y no el de técnicas convencionales como las anteriormente dichas.

### **3. TÉCNICAS DE PRE-TRATAMIENTO, TRATAMIENTO Y POST-TRATAMIENTO**

El tratamiento de agua es fundamental para cualquier desarrollo industrial como doméstico, ya que cada vez somos más exigentes con la calidad del agua y además existe la posibilidad de contaminación de una fuente de abastecimiento de agua.

Los estándares de calidad del agua con la que puede ser apta para consumo humano se ven reflejados en la legislación del **Real Decreto 1138/1990 del 14 de septiembre**, que regula el límite que puede contener el agua de cada sustancia.

El tratamiento del agua es fundamental para que esta sea adecuada para consumo humano, ya sea por un tratamiento que ocurra en la misma naturaleza o por un tratamiento artificial que se le aplique.

El tratamiento que ocurre en la misma naturaleza no puede llegar a conseguir agua de tan alta calidad como la industria de las bebidas refrescantes necesita, por ello se necesita de un tratamiento artificial para conseguir la composición de agua deseada.

Existen multitud de tratamientos de agua que ya sea por ellos mismos o una combinación de varios de ellos, pueden llegar a conseguir el agua ultrapura que requiere esta industria. Para saber que técnica emplear primero se tiene que tener un conocimiento de ellas.

#### **3.1. Filtración**

El tratamiento del agua por filtración es uno de los más amplios del sector de tratamiento de agua, ya que abarca un gran abanico de posibilidades de calidad de agua finalmente obtenida.

Este proceso trata de una acción mecánica en la que se hace pasar por un medio filtrante un líquido, con la finalidad de que este medio filtrante sea capaz de retener las partículas, sustancias o sólidos en suspensión que se quieran eliminar del líquido a filtrar.

El medio filtrante es el que determina la calidad del agua que se trata. Dependiendo de la sustancia que se quiere eliminar se puede utilizar un medio filtrante u otro. Cada medio filtrante tiene una capacidad de retención diferente, por ello, cada medio filtrante es utilizado para retener unas partículas u otras.

Según el medio filtrante se va a clasificar la filtración en dos grupos:

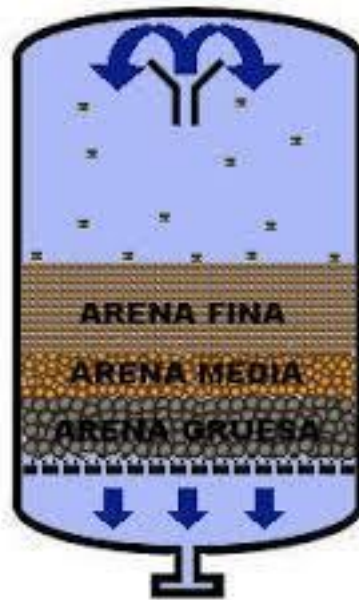
##### **3.1.1. Filtración por arena**

La filtración por arena, también llamada de lecho, utiliza como medio filtrante un lecho de arena y/o grava. Este tipo de filtración se emplea para atrapar partículas sólidas, donde el tamaño de partícula atrapada dependerá de la capa de arena, no pudiendo retener partículas inferiores a 0,5-1mm.

La capacidad de retención de partículas sólidas va a depender de la granulometría empleada en el filtro, siempre teniendo como base una capa de grava más gruesa actuando como soporte. La mayoría de filtros de arena actúan de forma descendente, aunque también existen los filtros ascendentes.

Los filtros de arena descendentes actúan por gravedad, es decir, se basan en el principio de sedimentación. La relación que permite caracterizar un filtro será la de Caudal/Área ( $Q/A$ ), conocida como tasa de filtración, que relaciona el caudal de agua suministrado en función del área empleada.

La estructura de un filtro de arena podría ser esta:



*Imagen 3. Filtro de arena descendente*

Capa de arena fina en la parte superior, aumentando el tamaño de grano de la arena o grava conforme se va descendiendo en el filtro. Estas capas tendrán cada una un grosor determinado, según la cantidad de sólidos que se quiera retener, siendo variables para cada tipo de agua, esto es, no existe un tipo de filtro universal para todas las aguas. Como se habla anteriormente, se acaba el filtro en la parte inferior con una capa de grava de mayor diámetro que actúa como soporte. El agua es suministrada por la parte superior, pasando por el lecho de arena, donde van quedándose retenidas las partículas, siendo el agua clarificada/purificada por el lecho inferior del filtro donde se suministrará al consumidor.

Existen varios tipos de filtros llamados filtros lentos o filtros rápidos, según su capacidad de retener partículas en función del tiempo:

- ❖ Los filtros de arena lentos son los que solo actúa la gravedad, no aplicando ninguna fuerza exterior que le ayude a aumentar el caudal de agua tratada y la cantidad de sólidos retenidos.  
Este sistema de filtración tarda en colmatarse, es decir, en bajar su capacidad de retención y flujo, de unos 30 días a varios meses, debido a su mayor complejidad de lavado.  
Requieren una gran extensión de superficie para conseguir una gran cantidad de flujo de agua tratada al tener tan baja tasa de filtración.
- ❖ Los filtros de arena rápidos actúan de la misma manera que los lentos, pero se hace necesaria una bomba de presión para este tipo de filtro.

Debido a su mayor capacidad de tratamiento de agua, requiere de un menor tiempo de trabajo, estando entorno los 8 a 30 días.

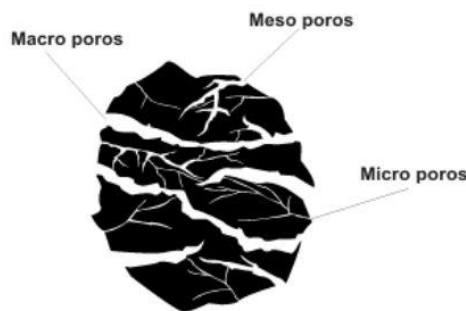
Los dos tipos de filtros requieren de una regeneración del lecho, que se conseguirá suministrando un flujo ascendente de agua suficientemente grande como para desprender las partículas adheridas al lecho de arena pero que no sea lo bastante grande como para arrastrar las partículas de arena más finas.

### 3.1.2. Filtración por carbón activado

La filtración por carbón activado como bien dice el nombre trabaja con un lecho de carbón activado. El carbón activado es un tipo de carbón que ha sido a unos tratamientos térmicos o químicos con la función de ampliar su superficie, con lo que se consigue mayor capacidad de adsorción.

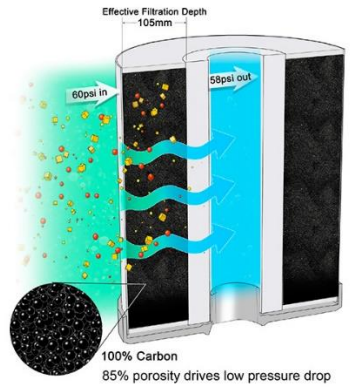
- ❖ El tratamiento térmico del carbón consiste en someterlo a altas temperaturas (600-1100°C) en una atmósfera controlada para que este se oxide parcialmente, consiguiendo así un mayor número de poros.
- ❖ El tratamiento químico parte antes de someter a la materia prima a la carbonización, sometiéndola a reactivos deshidratantes como ácido fosfórico, dónde posteriormente se carbonizará ( $\approx 550^\circ\text{C}$ ) y se lavará para eliminar el reactivo añadido.

Con estos tratamientos conseguimos mejorar de 12 a 16 veces el área superficial del carbón ( $\approx 50\text{m}^2/\text{g}$ ), consiguiendo hasta miles de metros cuadrados por gramo de carbón activado. Esto se puede entender con la siguiente imagen, dónde vemos que el tratamiento crea muchos poros en las partículas de carbón.



*Imagen 4. Estructura del carbón activado*

El funcionamiento del filtro de carbón activo será similar a un filtro de arena, pero con la diferencia que el carbón activo es capaz de adsorber sustancias además de retenerlas, consiguiendo así eliminar el sabor u olor del agua.



*Imagen 5. Filtro carbón activado*

La utilización de estos filtros permite eliminar sustancias debido a su estructura desequilibrada creada por el poco espacio que queda entre ellas, creando así fuerzas London, que hacen que los átomos del carbón creen enlaces covalentes con otras sustancias.

Como se dice, el filtro también es capaz de retener partículas como un filtro de arena, partículas que varían entorno los 0,6 a 1,1mm. Además de esta propiedad, también es capaz de adsorber impurezas presentes en el agua debido a su estructura como son muchos compuestos orgánicos, el cloro (eliminando así algún que otro subproducto de este que pueda crear mal sabor u olor), reducción de los Trihalomentanos y Ácidos Haloacéticos (formados por el contacto de compuestos orgánicos con el cloro) y metales si se encuentran en bajas cantidades.

Al igual que los filtros de arena, estos también son reutilizables una vez estos han perdido capacidad de adsorción, pero a diferencia de ellos no se hace por un retrolavado sino que el carbón activado que contiene el filtro tiene que ser regenerado para poder ser otra vez utilizado en el filtro. Regenerar el carbón activo requiere de cuatro posibles métodos:

- ❖ Vapor de agua o gases calientes. Se insuflan aires calientes con el fin de eliminar las sustancias más volátiles.
- ❖ Tratamiento térmico. Tratamiento como el que se hace en un principio para activarlo dónde se puede perder hasta un 10%. Es el tratamiento más efectivo
- ❖ Adición de químicos. Se le añade una disolución ácida o alcalina a unos 100°C.
- ❖ Tratamiento biológico. Bacterias que se crean en el mismo carbón eliminan la materia orgánica presente, pero no eliminan la materia inorgánica.

### **3.2. Tecnología de membranas**

La tecnología de membranas se desarrolla a partir de la filtración, puesto que se trata de hacer pasar el agua bruta a través de una membrana (medio filtrante) para obtener agua limpia de determinadas sustancias.

La calidad de agua a obtener mediante la filtración por membranas va a depender de la elección del tipo de membrana que queramos utilizar, es decir, va a depender si elegimos una membrana permeable, o una membrana semipermeable.

- **Membrana permeable**

Su estructura está organizada de tan manera que dependiendo de en qué tipo de filtración se empleen va a dejar un canal, llamado poro, que va a dejar pasar las partículas de menor tamaño que este.

Como se puede ver en la imagen 6, las partículas de mayor tamaño que el poro no atraviesan esta membrana, por lo que se hace una separación por tamaño de partícula.

- **Membrana semipermeable o selectiva**

Se trata de membranas que más allá del tamaño de poro, presenta una capa activa que trabaja como una barrera selectiva a determinadas sustancias, donde las sustancias son separadas además de por tamaño por afinidad química.

- **Membrana impermeable**

Se trata de membranas que no dejan pasar ninguna sustancia.

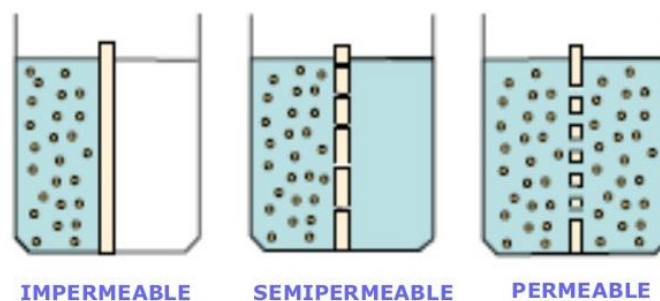


Imagen 6. Tipo de membranas

Después de hablar sobre el tipo de membranas que existen, las membranas permeables y semipermeables se pueden clasificar según el tamaño de poro, donde dependiendo de este eliminarán un tipo de sustancias u otras.



Imagen 7. Tipos de filtración clasificados según tamaño de poro

Este cuadro resumen permite diferenciar de manera simple unas técnicas de otras, donde después se explica cada tecnología.



Tabla 2. Tabla comparativa de tecnologías de membrana.

Proceso	Fuerza impulsora	Mecanismo de separación	Tipo de membrana
Microfiltración	Presión	Tamaño partícula	Permeable
Ultrafiltración	Presión	Tamaño partícula	Permeable
Nanofiltración	Presión	Tamaño/Disolución-Difusión	Semipermeable
Ósmosis inversa	Presión	Disolución-Difusión	Semipermeable/ selectiva
Electrodialisis	Campo eléctrico	Efecto electroquímico	Impermeable/ selectiva

Fuente: Basado en Tecnologías de membrana (J. Lora, 2016)

### 3.2.1. Microfiltración y Ultrafiltración

Estos dos tipos de filtración podemos englobarlos en un mismo grupo, ya que el funcionamiento y las aplicaciones son muy parecidas.

La microfiltración y ultrafiltración consisten en hacer pasar el agua bruta por una membrana con un tamaño de poro determinada quedando retenidas en la membrana las partículas de mayor tamaño que el poro. Su medio de impulsión es la diferencia de presión y utilizan membranas permeables para la separación de partículas por tamaño de poro.

La microfiltración comprende tamaños de poro de entre 20 a 0,1  $\mu\text{m}$ . Este tipo de filtración se caracteriza por tener una estructura de poro muy regular, lo que hace que se garanticen niveles de retención muy altos. Su mayor utilidad consiste en retener sólidos en suspensión, bacterias e incluso algún virus.

La ultrafiltración se caracteriza por tener tamaño de poro más pequeño que la microfiltración, comprendiendo tamaños de poro entre 0,1 $\mu\text{m}$ -1nm. Al igual que la microfiltración, también tiene una estructura de poros muy regular. Al tener el tamaño de poro más pequeño, es capaz de atrapar o retener partículas de menor tamaño tales como sólidos en suspensión, sólidos disueltos, virus, pigmentos de colores y algunos materiales coloidales.

Ambas tecnologías trabajan a presiones bajas (0,5 a 5 bar), lo que supone una menor inversión en material auxiliar para crear presión. Pueden trabajar desde 1 a 25 bar de presión dependiendo del fluido a filtrar y la membrana empleada lo cual nos da también una gran versatilidad.

Ambos tipos de filtración, pueden clasificarse también por el tipo de geometría empleada para conformar el filtro.

#### a) Módulo de placa y bastidor

Se trata de una conformación simple, donde el módulo de forma empacando membranas planas con un bastidor que las une. La alimentación circula entre las placas adyacentes, con un espesor de 0,5 a 3 mm cada placa. Presentan buen drenaje.

Puede llegar a presentar una densidad de compactación entre 100 y 400m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

#### **b) Módulo en espiral**

Se trata de un tubo perforado al que se le enrollan "hojas" de membranas alrededor, en forma de espiral. Esta conformación de la membrana la lleva a ser una de las que menos caídas de presión presentan, pero también tiende a ensuciarse con facilidad, cosa que es un inconveniente viéndolo desde el punto de la limpieza, ya que no puede retrolavarse como otras configuraciones.

Su densidad de compactación oscila entre 700-1000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

#### **c) Módulo de fibras huecas o capilar**

Se trata de un módulo cilíndrico similar al tubular, pero en versión reducida, esto quiere decir que el diámetro de la sección es muy pequeño (350-1000µm). Por esta razón, se agrupan multitud de estas fibras para conformar un módulo. Estos módulos suelen operar a presiones bajas, por debajo de 5 bares.

Operan normalmente en flujo cruzado, evitando así algunos problemas de ensuciamiento y las membranas trabajan de un modo transversal.

Presenta mayor densidad de compactación que las anteriores, llegando incluso a 3000m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

#### **d) Módulo tubular**

Se trata de membranas dispuestas de forma cilíndrica, con una sección de 3 a 25mm. Trabaja a presiones reducidas. Si se quiere trabajar con velocidades de flujo mayores a 3m/s, se pueden unir varios módulos en paralelo, aunque si opera a velocidades >1m/s se unen en serie.

Una de las grandes ventajas es su bajo nivel de ensuciamiento, por lo que puede soportar cargas mayores de materias en suspensión.

Una de las desventajas, es su baja densidad de compactación, que está entre 1-7,4 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Aquí podemos ver, como se conforma cada módulo de filtración:

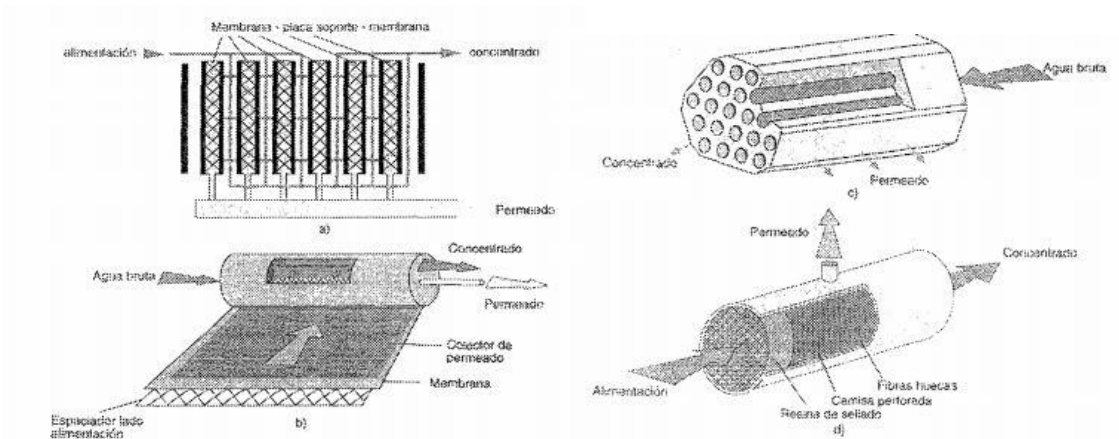


Imagen 8. Representación esquemática de los 4 módulos principales de membranas: a) Placa y bastidor b) Espiral c) Fibra hueca d) Tubular

En la siguiente tabla, se muestran las ventajas y desventajas de cada tipo de módulo.

Tabla 3. Cuadro resumen de ventajas y desventajas de las geometrías de los módulos de membrana

	<i>Tubular</i>	<i>Capilar</i>	<i>Placa y bastidor</i>	<i>Espiral</i>
<i>Coste/superficie</i>	Alta	Bajo	Alta	Bajo
<i>Coste recambio</i>	Alta	Medio	Bajo	Medio/Bajo
<i>Caudal</i>	Bueno	Bueno	Bajo	Bajo
<i>Densidad de compactación</i>	Pobre	Excelente	Buena	Buena
<i>Volumen</i>	Alto	Bajo	Medio	Medio
<i>Consumo energético</i>	Alto	Bajo	Medio	Medio
<i>Ensuciamiento</i>	Excelente	Bueno	Bueno	Medio
<i>Limpieza In Situ</i>	Excelente	Bueno	Bien/Pobre	Bien/Pobre

### 3.2.2. Nanofiltración

Es el proceso de filtración por membranas que utiliza menor tamaño de poro sin quedar totalmente cerrado, estando alrededor 1 a 10nm. Podemos decir que es una técnica que se basa en la separación de sólidos totalmente disueltos en el agua por el tamaño de poro, pero también existe una pequeña carga superficial que la hace más efectiva. Este tipo de separación opera a un rango de presiones medio-bajo, no más de 40 bar.

La principal función de esta técnica consiste en no dejar pasar material orgánico e inorgánico, virus, bacterias... que no sean inferiores a 1nm de ahí, a que se denomine nanofiltración. Como antes se ha dicho, esta membrana posee un poco de carga superficial quedando retenidos en la superficie también iones divalentes, metales e incluso algunas sales minerales de mayor tamaño.

La selectividad de las membranas va a tener un papel importante, ya que podemos trabajar dependiendo del material en que este fabricada, con un rango diferente. Para el tratamiento de

agua se trabaja mejor con membranas hidrófilas, puesto que tienen menos tendencia a ensuciarse.

La nanofiltración también está ligada a la eliminación de olor y sabor de agua, puesto que es capaz de eliminar Trihalometanos y ácidos haloacéticos causantes de este perjuicio, reduciendo así la utilización de reactivos químicos. Esta es una gran ventaja dado que si el agua no huele ni sabe a nada es un síntoma de que el agua está en buen estado y no presenta sustancias o bacterias perjudiciales para la salud.

### 3.2.3. Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es la tecnología de membranas que emplea una membrana semipermeable para la purificación de agua, eliminando partículas de tamaño iónico.

Este proceso se basa en la ósmosis, que se puede definir como el movimiento de partículas a través de una membrana semipermeable de una zona de menor concentración a una de mayor concentración, es decir, pasa disolvente a través de la membrana con el fin de igualar las concentraciones. Este fenómeno se produce gracias a la presión osmótica, definida como la presión que produce la diferencia de concentraciones.

Por el contrario, la ósmosis inversa al aplicar una presión superior a la presión osmótica en la solución concentrada, se produce un flujo de las moléculas de menor tamaño que la membrana semipermeable hacia la disolución de menor concentración donde las partículas más grandes quedan retenidas en la membrana, generando una solución aún más concentrada.

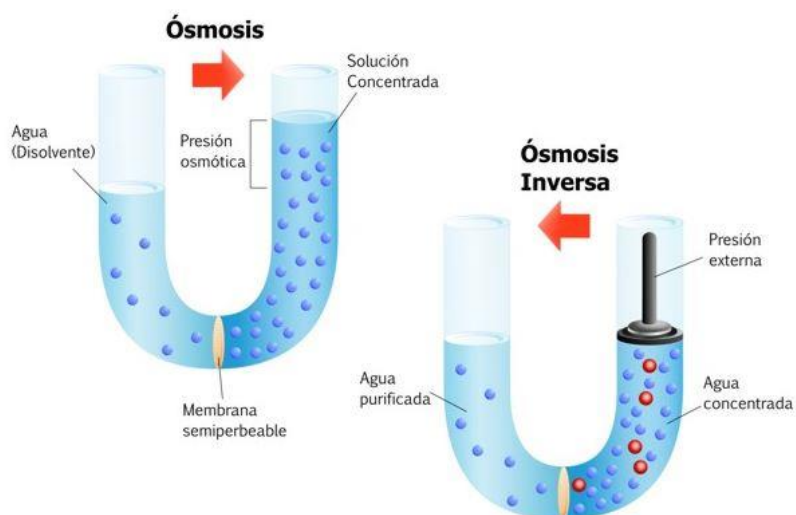


Imagen 9. Diferencia entre ósmosis y ósmosis inversa

Esta tecnología se puede emplear para dos funciones, generar un producto libre de las sustancias que no deja pasar la membrana, como por ejemplo la purificación de agua, donde el agua libre de sales es el producto; o, por el contrario, generar un producto muy concentrado, como la producción de concentrados de zumo de fruta, donde el producto es la solución concentrada que se queda al eliminar el disolvente.

Con respecto al agua, esta tecnología es capaz de trabajar con un amplio abanico de agua bruta, lo que la hace una muy buena opción para multitud de funciones. Es capaz de trabajar con aguas marinas con una concentración de 40.000 TDS para la generación de agua potable, hasta trabajar con aguas salobres para la generación de agua ultrapura.

Como se ha visto, la membrana de ósmosis inversa tiene la mayor parte de la responsabilidad del proceso, por ello, es la parte principal del proceso y la elección de un tipo u otro hará que determine el producto final. La membrana puede venir determinada por tres factores, su origen, su tamaño y su configuración.

El origen de la membrana va a garantizar su durabilidad y selectividad. Pueden estar fabricadas en diversos materiales:

- **Acetato de celulosa**

Es el primer material en que se fabricaron estas membranas. Presentan grandes ventajas con respecto a la permeabilidad y selectividad de las membranas, debido a su estructura asimétrica.

El principal inconveniente, que es por el cual se dejaron de utilizar, es su baja protección frente a bacterias, debido a que se trata de un material biológico y natural. La solución viene con la adición de cloro en el pre-tratamiento. Este material también presenta un rango limitado de pH, de 4 a 7, debido que a pH ácidos o básicos se produce una hidrólisis.

- **Poliamida**

Es un material 100% sintético. La fabricación de este consiste en aplicar una capa de polímero sobre un soporte, que puede ser una membrana de mayor tamaño. Este soporte va a ser el encargado de que soporte las altas presiones.

Las ventajas que presenta este material, es que, al ser un material sintético, se puede controlar el tamaño de poro y su permeabilidad, tiene una mayor estabilidad térmica, química y física. Su mayor estabilidad química la hacer aguantar pH muy variables, desde 3 hasta 1, pudiendo aguantar algún grado más de pH si el período al que es sometido es corto.

Por el contrario, también presenta inconvenientes, como su baja defensa frente a productos oxidantes como el cloro, donde con concentraciones superiores a 0,1ppm pueden destruir la membrana.

El tamaño de la planta va a venir determinado por el tamaño de membrana, debido a que cada tamaño de membrana tiene unos caudales de operación, y dependiendo de estos se pueden emplear unas u otras. En el mercado existen tres tamaños:

- **2,5"**: Se emplean para instalaciones de bajo caudal o domésticas.
- **4"**: Se emplean para instalaciones de un caudal medio/bajo en la industria.
- **8"**: Son las utilizadas para grandes caudales, como en desaladoras.

Con respecto a la configuración de las membranas, utilizan las mismas configuraciones que las otras tecnologías de membranas, explicadas anteriormente:

- **Tubular:** Poco empleada debido a su baja área superficial.
- **Fibra hueca:** Presenta inconvenientes a la hora de limpiar las membranas, aunque presente una gran densidad de compactación.
- **Arrollamiento en espiral:** Es la membrana empleada en la mayoría de procesos de ósmosis inversa, debido a que presenta una alta área superficial y mayor facilidad de limpieza.

Para que funcione el fenómeno de ósmosis inversa, se necesita generar una presión superior a la presión osmótica que genera la concentración de sales presentes en el agua, por ello, a mayor concentración mayor presión se ha de ejercer. Esto hace que se requiera de una bomba de compresión, que será la encargada de generar esta presión sobre el agua bruta.

Otro elemento que va a conformar la planta de ósmosis inversa, es el tubo de presión que va a albergar dentro de él los diferentes elementos (membranas). Cada tubo de presión puede contener hasta 7 elementos, dependiendo de la calidad de agua que se quiera obtener y de la calidad del agua bruta.

### 3.2.4. Electrodialisis

Se trata de una tecnología de membranas por la cual se eliminan sustancias iónicas disueltas en una disolución líquida mediante la aplicación de un campo eléctrico y la utilización de membranas selectivas cargadas iónicamente.

La principal diferencia con respecto las otras técnicas de filtración por membranas es la fuerza impulsora de la remoción de las sustancias a eliminar, utilizando la energía eléctrica continua mientras que el resto de tecnologías de membrana utilizan la presión.

Para entender su funcionamiento, podemos ver este esquema de una pila de electrodialisis.

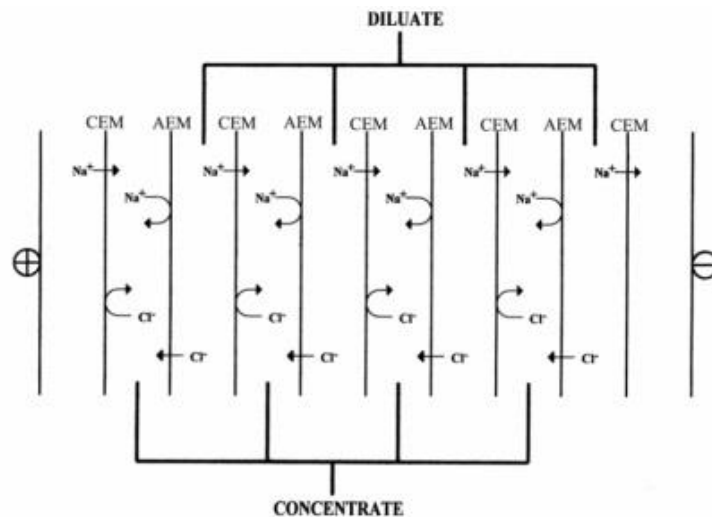


Imagen 10. Pila de electrodialisis

Para explicar el funcionamiento de la pila de electrodialisis, primero se tiene que conocer las partes principales que la conforman:

- **Electrodo**

Es la parte de la pila de electrodiálisis por la cual se transmite el campo eléctrico necesario para que ocurra el proceso a la disolución. Están formados por materiales conductores de electricidad.

Existen dos tipos de electrodos:

- **Ánodo.** Es el electrodo que se encarga de atraer a las sustancias cargadas negativamente, ya que se trata de un electrodo de carga positiva. Se encarga de la reacción de oxidación del agua.  
Suele ser de estos materiales titanio platinado, carbono, óxido de plomo, acero al carbón y níquel.
- **Cátodo.** Es el electrodo cargado negativamente donde se produce la reacción de reducción. Será el responsable de atraer los iones de carga positiva.  
Los materiales de los que son formados suelen ser cobre, aluminio, níquel, titanio platinado, acero inoxidable y plomo.
- **Membrana.**

Es el medio físico que se encarga de separar las sustancias a eliminar.

Las membranas utilizadas en esta técnica de purificación son membranas selectivas, es decir, son membranas que solo dejan pasar un tipo de sustancias, en este caso, va a dejar pasar o no, cationes y aniones, de ahí a que las membranas de electrodiálisis sean llamadas de intercambio catiónico, deja pasar iones de carga positiva, y de intercambio aniónico, deja pasar iones de carga negativa.

Estas membranas suelen ser casi impermeables, con el fin de evitar la pérdida de agua.

Una pila de electrodiálisis, como hemos explicado antes, trata de eliminar sustancias iónicas de una disolución acuosa mediante filtración por membranas y aplicación de corriente eléctrica.

La aplicación de una corriente continua eléctrica mediante los electrodos crea una diferencia de potencial eléctrica entre electrodos en la disolución, lo que forma un efecto migratorio de sustancias iónicas hacia cada electrodo, los cationes (+) hacia el cátodo (-) y los aniones (-) hacia el ánodo (+). Para lograr esta separación de iones de la disolución se emplea de manera alterna membranas selectivas, es decir, una membrana catiónica al lado de una aniónica como se puede ver en la imagen superior. La disolución acuosa a purificar se suministra por en medio de ambas membranas, donde por el efecto migratorio de los iones creado por los electrodos, los cationes atraviesan la membrana catiónica en busca de cátodo y los aniones la membrana aniónica en busca del ánodo, consiguiendo al final del canal formado por ambas membranas agua limpia de estos iones y, por ende, en el canal análogo se consigue un producto muy concentrado de estas sales eliminadas.

Este método de purificación de agua, es un método muy empleado para aguas mayormente salobres, buscando la eliminación de alguna sustancia en concreto. Es una tecnología la cual permite trabajar con hasta 12.000 TDS.

Suele tratar con grados de eliminación de sales del 40-50%, por lo que es una tecnología que cuando mayor sea el grado de “contaminación” del agua, mas etapas se van a tener que utilizar, incrementando así el coste de producción de agua.

Una de sus grandes ventajas, es que, a diferencia del ósmosis inversa, la pérdida de agua es prácticamente nula, consiguiendo purificar un 95% del agua que se trata, es decir, que tiene muy poco rechazo.

Esta tecnología va a presentar muchas ventajas:

- Alta adaptación de aguas, haciéndola una tecnología apta para muchas aguas.
- Poca pérdida de agua en el proceso, es decir, gran conversión.
- Gran eliminación de sales, normalmente sobre un 50%.
- En potabilización de aguas salobres (3.000 TDS), es una tecnología muy competitiva.
- Posibilidad de eliminación de una sustancia en concreto, debido a su selectividad en las membranas
- Coste “bajo”. Suelen ser instalaciones con energías renovables que abaratan el coste de la luz.
- Bajo mantenimiento, ya que existe la posibilidad de invertirse la polaridad de los electros cada cierto tiempo para la eliminación de incrustaciones, lo que se denomina electrodiálisis inversa.
- No requiere de productos químicos.

Como todas las tecnologías de tratamiento de aguas, presenta inconvenientes:

- Para la obtención de aguas muy puras, se requiere de muchas etapas, ya que trabajan con un 50% de eliminación de sales, aunque se parta de un agua potable de buena calidad.
- Requiere de un uso continuado de energía eléctrica.
- Elevado coste inicial de instalación.

A pesar de que presenta muchas ventajas, esta tecnología de tratamiento de agua requeriría partir de un agua de muy buena calidad para que el proceso fuera rentable. Como todo, a mayor calidad de agua de entrada mayor coste supondría. Por el contrario, si utilizáramos un agua potable normal o un poco salobre, requeriría de muchas etapas para llegar a un grado de eliminación de sales muy alto, inferior a 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad, por lo que necesitaría una inversión inicial muy alta que hace que esta tecnología no sea viable para la purificación de agua.

Esta tecnología se puede emplear para la potabilización de aguas salobres, ya que con una etapa se podría conseguir un agua apta para consumo humano, o para aguas que tengan un exceso de un determinado contaminante debido a la selectividad de las membranas.

### **3.3. Destilación/Evaporación**

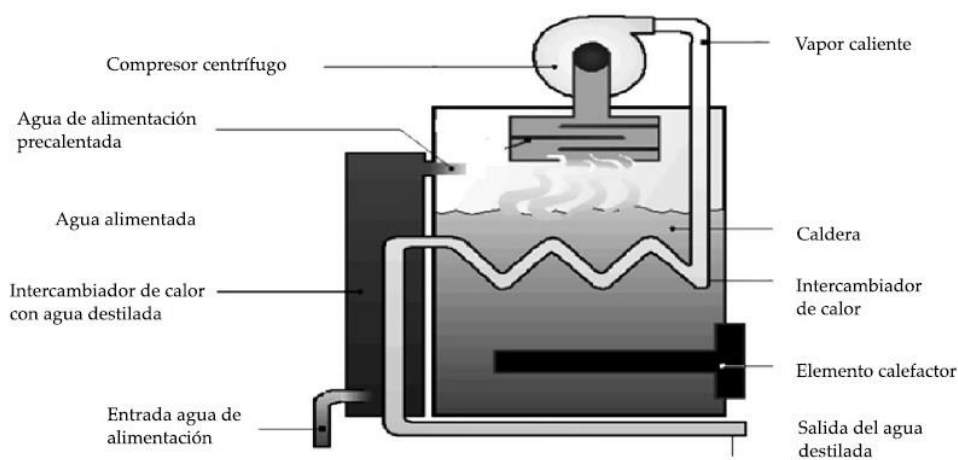
La destilación es una técnica de purificación de líquidos que se basa en los procesos físicos de evaporación y condensación. Esta técnica es empleada para separar multitud de mezclas de líquidos, pero en este caso se emplea para purificar el agua. El proceso de purificación del agua



por destilación, sería más conveniente llamarla evaporación, ya que la destilación es más utilizada en la separación de líquidos miscibles que se separan por diferencia de temperaturas de ebullición y este proceso solo evapora el agua quedando concentrado en la caldera los sólidos en suspensión (posteriormente se explica el funcionamiento).

La purificación de agua por este método se originó pensando en el ciclo del agua, dónde el agua se evapora de aguas superficiales y se convierte en nubes, donde posteriormente estas nubes se condensan y llueve, recuperando así el agua que se evapora.

Sabiendo el proceso en el que se basa, esta técnica trata de calentar el agua hasta su punto de ebullición con el fin de que esta se evapore y pase a su fase gaseosa (vapor de agua), donde posteriormente se hace pasar por un serpentín de refrigeración donde se condensa, y se recupera.



*Imagen 11. Esquema de un destilador/evaporador de agua.*

Esta técnica no solo evapora el agua y la vuelve a condensar con las mismas características, sino que consigue purificarla. En el proceso de evaporación, se consigue separar los elementos más volátiles que forman el agua, que, para el caso, es la misma agua la que se evapora, quedando en el evaporador la parte menos volátil. Los elementos menos volátiles van a ser todas las impurezas que se quieren eliminar como sales, sólidos en suspensión y disueltos, materia orgánica... dónde estos a una temperatura de 100°C no se evaporan. No sólo vamos a eliminar todas las partículas no volátiles a esta temperatura, sino que los patógenos, virus y bacterias no soportan el choque térmico al que se le enfrenta, sufriendo así una desinfección de unos posibles causantes de enfermedades o dolencias que puedan sufrir los consumidores finales.

Como producto final tendremos un agua de muchísima calidad, pudiéndola considerar pura consiguiendo grados de pureza según la fuente proveniente del agua muy altos.

Aquí podemos ver una tabla con diferentes aguas purificadas por destilación/evaporación:

Tabla 4. Comparación de calidades de agua destilada según su marca comercial.

Marca comercial/ Fabricante	Lote	Fecha análisis	Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )
Adesco / Adesco, SA	912	18/01/2013	0,75
Nightingale/Laboratorios Fundiza, SL	715	24/01/2013	80,00
Consum – Sosmi, SA	2012	11/03/2013	11,22
Mical - Industrias Latuna, SL	L1308210613	23/10/2013	1,32

Fuente: <http://www.aquadestilada.info/>

Como se introduce anteriormente, el grado de pureza del agua obtenida varía, consiguiendo agua “ultrapura” en algunos casos, y agua de muchísima calidad en otros.

Este método nos garantiza una elevadísima calidad del agua, pero para ello necesitamos de elevadas cantidades de energía para calentar el agua y llevarla hasta el punto de ebullición, siendo esta tecnología muy poco rentable pero muy eficaz.

### 3.4. Adición de químicos

La adición de sustancias químicas como elemento de tratamiento de agua se lleva empleando desde muchos centenares de años atrás. Como todo, este tratamiento ha ido evolucionando.

En la actualidad, hay un sinfín de productos para el tratamiento de agua para la eliminación de sustancias perjudiciales para la salud humana.

Todo este tipo de productos que se le añaden al agua con el fin de mejorar sus propiedades, está regulado por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, en la Orden SSI/304/2013, de 19 de febrero, que se trata de una actualización con el fin de mejorar la que en su día se ordenó. Esta orden engloba a las sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

Existen multitud de funciones que se consiguen mediante la adición de químicos, los cuáles vamos a hablar de los más utilizados:

#### 3.4.1. Desinfección

La desinfección del agua haciendo uso de químicos se hace para eliminar todo tipo de vida que existe en el agua, ya sean virus, bacterias... ya que estos son causantes de multitud de enfermedades que afectan a los consumidores de agua.

El mayor desinfectante empleado es el cloro. El cloro es añadido al agua en cualquiera de sus versiones, ya que inyectar cloro gas puro es muy tóxico y peligroso. Por ello se emplean derivados del cloro como hipoclorito sódico, dióxido de cloro... y así con multitud de derivados.

La cantidad de cloro a añadir al agua va a depender de la sustancia clorada que se le añada al agua, y que nunca va a superar los límites de cantidad de cloro presente en el agua con el fin de que no sea perjudicial para la salud.

También existen otro tipo de desinfectantes como el yodo y el bromo, lo que la mayor efectividad del cloro, lo hacen que este sea el que más se utilice.

### **3.4.2. Coagulación y floculación**

Estas sustancias son las encargadas de conseguir una precipitación de partículas en suspensión o disueltas que no tienen facilidad por sedimentar. Existen dos tipos, que conviene diferenciar por su diferente papel en este tratamiento.

Los coagulantes permiten la atracción de coloides de diferente signo consiguiendo así desestabilizarlos, ya que los coloides son partículas que tienen una carga por la superficial de distinto signo que el coagulante. Esta operación va a permitir la posible agrupación de estos coloides en partículas más grandes, ya que las fuerzas de repulsión entre ellas ya son menores.

Los floculantes tratan de agrupar esos pequeños coloides en partículas más grandes, con lo que se facilita la sedimentación de estos.

Estas dos operaciones suelen estar ligadas, ya que entre ambas se complementan y mejoran el tiempo de sedimentación de las partículas.

### **3.4.3. Antiincrustación**

Se trata de añadir sustancias químicas que facilitan la no precipitación de sustancias sobre superficies que estén en contacto con el agua. Estas sustancias tratan de evitar la precipitación de dos sustancias mayoritariamente, como son el calcio y el magnesio.

Esta técnica en el tratamiento de agua, se suele utilizar para evitar la precipitación de formaciones de los dos compuestos químicos anteriormente dichos en membranas de osmosis inversa, ayudando a un correcto funcionamiento y alargando la vida de uso de las membranas.

### **3.4.4. Reguladores de pH**

Consiste en añadir sustancias ácidas o básicas, en función del pH, con el fin de equilibrar el pH del agua.

Todos estos compuestos químicos que se le pueden añadir al agua que se utilizará con fines de consumo humano vienen dados en la Orden SSI/304/2013, de 19 de febrero.

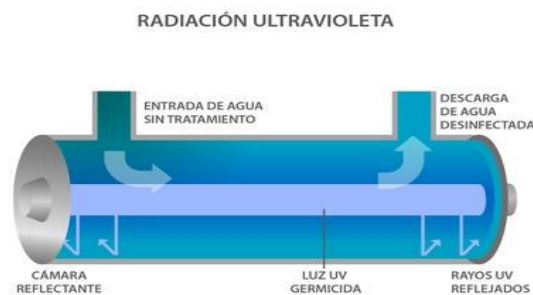
## **3.5. Radiación Ultravioleta (UV)**

Esta tecnología trata de desinfectar el agua mediante la radiación ultravioleta sin dejar productos derivados de la utilización de esta y sin alterar las propiedades organolépticas del agua que se trata.

Este tipo de tratamiento es una alternativa a la desinfección de agua por adición de químicos, que como ya se ha visto, puede producir derivados que alteran las propiedades del agua.

La radiación ultravioleta empleada es la que es llamada germicida, que se encuentra en el rango de longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros, imperceptibles para el ojo humano. Se tratan de rayos ultravioleta del tipo C (rayos UV-C). Esta radiación es llamada germicida porque no existen patógenos en el agua que sean capaces de resistir este rango espectrofotométrico.

Este proceso requiere de un agua previamente tratada, sin presencia de sólidos en suspensión ni turbiedad que puedan interferir, ya que se necesita que la radiación de luz ultravioleta atraviese toda el agua a tratar.



*Imagen 12. Lámpara de radiación UV.*

Esta tecnología presenta las siguientes ventajas sobre los tratamientos desinfectantes tradicionales como la adición de cloro:

- ☑ No altera las propiedades organolépticas del agua que trata.
- ☑ Elimina el 99,9% de bacterias patógenas, virus y protozoos, estos últimos no se garantizan con el cloro.
- ☑ No requiere del manejo de sustancias químicas posiblemente tóxicas con lo que ello conlleva para la salud.
- ☑ Inocuo para el operador que la emplee.
- ☑ Fácil mantenimiento, ya que solo requiere del cambio de bombilla en cuanto esta se acaba.
- ☑ No produce residuos ni subproductos perjudiciales para la salud.
- ☑ Rápida y efectiva.
- ☑ No es posible el fallo por sobredosificación.

Esta técnica de tratamiento a pesar de sus múltiples ventajas, también presenta algún que otro inconveniente:

- ☒ Requiere de tratamientos previos para conseguir una eficacia tan alta, debido a que no trabaja de manera óptima con turbidez.
- ☒ Requiere de un consumo energético, aunque este puede suponer el menor de los inconvenientes.

Todo ello, con sus ventajas e inconvenientes, la hacen una técnica de tratamiento para la desinfección de agua muy eficiente, lo cual la lleva a ser una tecnología que en la actualidad cada vez tiene mayor uso, debido a que su impacto ambiental es muy bajo. Además, puede ser la mejor técnica para después de un depósito de agua previo suministro al consumidor final, ya que garantizaría una seguridad frente a los virus, bacterias... muy elevada debido a que en los depósitos de agua existen zonas muertas donde una posible recirculación no sería suficiente para la proliferación de estos.

### 3.6. Elección de la técnica de tratamiento óptima

Después de exponer las diferentes técnicas de tratamiento de agua se puede analizar que técnica de tratamiento puede adecuarse más a nuestras necesidades.

Hasta el momento, la industria del sector ha tratado el agua con multitud de procesos conjuntos, lo que conlleva tener “muchos aparatos” con el fin de tratar el agua.

En este caso, se va a optar por una tecnología de membranas cómo es la ósmosis inversa, porque a pesar de presentar ciertas desventajas, las ventajas que presenta son de mayor ayuda en el proceso. Se va a optar por unas membranas en arrollamiento en espiral.

Las desventajas que presenta son:

- Consumo energético. Es una tecnología que requiere del suministro continuado de energía, el cuál este viene determinado principalmente por las bombas generadoras de presión.
- Rechazo. Presenta una pérdida de agua debido al rechazo de sales que presenta la membrana, ocasionando pérdidas económicas en el consumo de agua y gasto en gestión de este concentrado.
- Poco resistente al cloro. Las membranas presentan poca protección frente al cloro, dónde concentraciones superiores a 0.1ppm puede causar daños.
- Poca resistencia a sólidos en suspensión. Las membranas requieren de un sistema de pre-tratamiento con el fin de eliminar las partículas en suspensión.
- Adición de químicos. Dependiendo del agua que se trate, se requiere de la adición de químicos previamente con el fin de que las membranas no queden obstruidas por la generación de incrustaciones.

A pesar de todas estas desventajas, el tratamiento de agua por ósmosis inversa presenta muchas ventajas:

- Alta conversión. Dependiendo del agua a tratar puede llegar a generar un 80% del agua que se le suministra. En este diseño, se puede llegar a estas conversiones debido a la calidad del agua de entrada.
- Alta eliminación de sales. Independientemente del agua de entrada, las membranas de ósmosis inversa presentan un rango de eliminación de sales de hasta el 99,6%, lo que supone que genera un agua de altísima calidad.
- Bajo consumo energético. Para plantas de este tamaño, el consumo energético que pueda presentar es muy bajo con respecto a otras tecnologías.
- Posibilidad de aumentar planta. Debido a su modulación, este tipo de tecnología puede aumentar su capacidad sólo aumentando la cantidad de bastidores.
- No requiere de gestión de concentrado. Como el agua a tratar se trata de un agua de la red urbana, la generación de concentrado no va a presentar un inconveniente debido a que su concentración es más baja del límite legal.
- Espacio. Esta tecnología ocupa “poco” espacio, aunque esto va a depender de la capacidad de producción de la planta.

## 4. DISEÑO DEL PROCESO

### 4.1. Software de diseño

Para el diseño de la planta de osmosis inversa, se va a emplear uno de los software disponibles en el mercado, dado que suponen un ahorro en el tiempo de diseño y garantizan unos resultados fiables.

En el mercado, existen multitud de software dónde algunos de ellos son libres, es decir, no hace falta pagar una licencia para su uso.

Este diseño se va a desarrollar con **IMSDesign**, un software desarrollado por Hidranautics Solutions, que pertenece a una compañía que desarrolla membranas para osmosis inversa. Con este software se puede trabajar con infinidad de procedencias de agua de distintas composiciones y genera unas simulaciones de la operación muy parecido al proceso que se desarrollará en la realidad.

Para entender su funcionamiento aquí podemos ver su panel de control de la simulación, dónde primero se demanda un análisis de la composición del agua, y posteriormente se puede proceder a diseñar el sistema de osmosis inversa.

The screenshot displays the IMSDesign software interface for water analysis. The top menu bar includes 'About', 'Online Help', and 'Design Guidelines'. Below it are tabs for 'Analysis', 'Design', 'Calculation', and 'Post Treatment'. The main toolbar contains icons for 'New', 'Open', 'Save', 'Custom Ions', 'Multiple Analysis', 'Save As', 'Reset', 'Print', and 'Standard Calculator'. The interface shows the following data:

Project: RO plant 4' ESPA2-4040    Calculated by: Pers    Temperature: 20,0 °C    Water Type: RO Permeate

pH: 7,50    CO3: 0,207 mg/l    CO2: 6,163 mg/l    E Conductivity: 353,6 µs/cm

Cations		Anions			
mg/l	mg/l CaCO3	mg/l	mg/l CaCO3		
Ca	31,50	78,75	120,00	98,36	
Mg	7,57	31,02	SO4	16,40	17,08
Na	22,00	47,83	Cl	18,40	25,95
K	0,00	0,00	F	0,11	0,29
NH4	0,15	0,42	NO3	20,00	16,13
Ba	0,000	0,00	PO4	0,00	0,00
Sr	0,000	0,00	SiO2	0,00	
			B	0,01	
Total, meq/l		3,16	Total, meq/l		3,16

Saturations			
Calculated TDS	236 mg/l	CaSO4	0,4 %
Osmotic pressure	0,1 bar	BaSO4	0,0 %
Ca3(PO4)2 SI	0,00	SrSO4	0,0 %
CCPP	-8,77 mg/l	CaF2	0,1 %
Langlier SI	-0,5	Silica	0,0 %

Imagen 13. Primer paso: Análisis del agua de entrada.

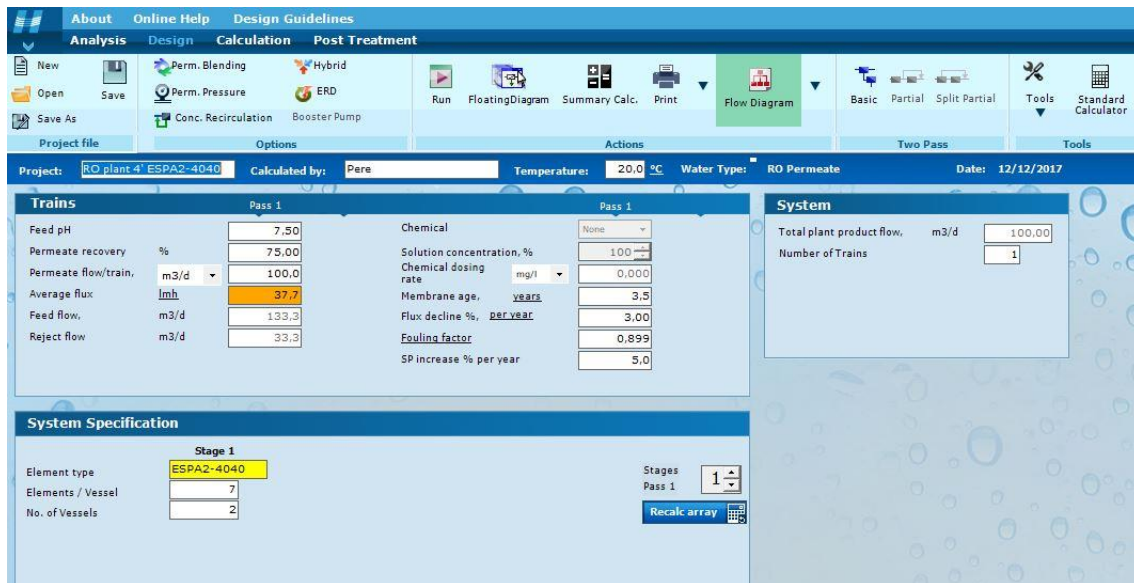


Imagen 14. Segundo paso: Diseño del sistema de osmosis inversa.

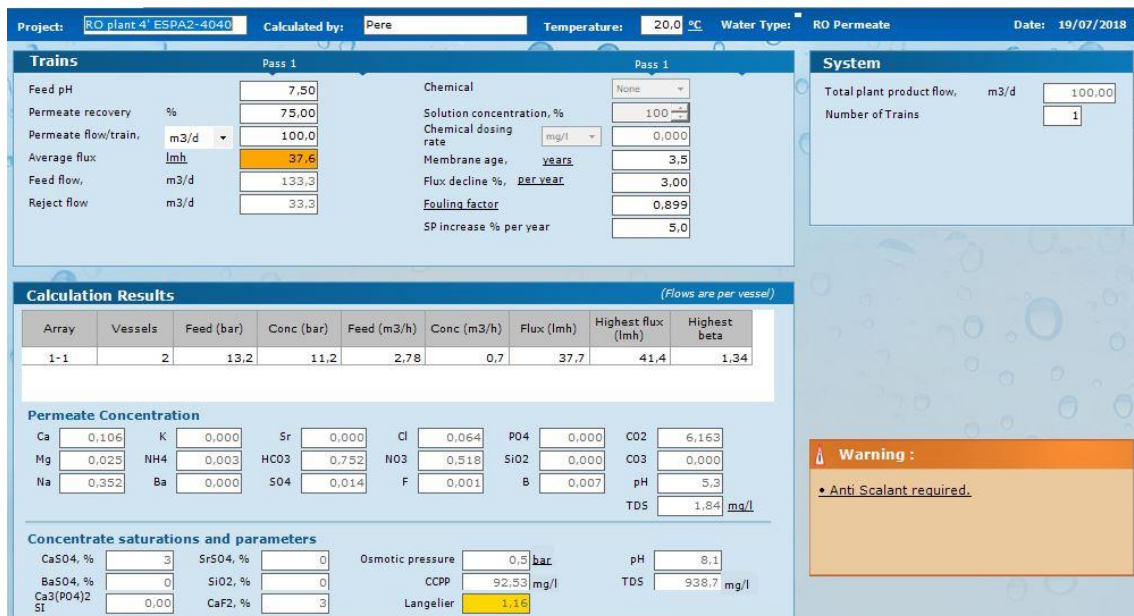


Imagen 15. Tercer paso: Resultados de la simulación y posterior interpretación.

## 4.2. Especificaciones de diseño

Para empezar a poder diseñar un sistema de Osmosis Inversa, es necesario saber algunos parámetros que influyen en la vida útil de este y en la calidad del agua a fabricar. Este último, es el que define la rigurosidad de los factores que influyen en el diseño, ya que podemos llegar a diseñar un sistema muy duradero pero que no cumpla con las expectativas de calidad del agua que nos pide el cliente. Para eso, habrá que encontrar un equilibrio entre la vida útil del sistema (membrana) y la calidad del agua producida.

En el diseño del proceso, los valores de los factores más influyentes van a ser parámetros muy característicos de este sistema, siendo parámetros que en otra instalación en distinta ubicación o distinta calidad de agua no se van a poder emplear. Esta especificación de los valores de los

factores hace que el diseño del proceso sea lo más óptimo posible, ya que, si se emplearan valores estándar o medios, el proceso diseñado podría no llegar ni a funcionar, ya que son parámetros que caracterizan el proceso.

Se podría llegar a diseñar con valores medios o estándar, dónde el software o los cálculos de diseño saldrían correctamente, pero una vez el proceso se llevará a cabo físicamente, analizaríamos el agua producida y los valores no coincidirían con lo diseñado, pudiendo producir pérdidas a la industria debido a los problemas de funcionamiento.

#### **4.2.1. Especificaciones de diseño fijas**

Existen multitud de factores que influyen en el proceso, pero existen cinco variables de diseño que van a caracterizar el proceso que serán de mayor importancia:

##### **4.2.1.1. Temperatura**

Es un factor determinante para el diseño de este proceso, ya que la temperatura es una de las variables que influye directamente en el funcionamiento de las membranas de osmosis inversa. El rendimiento de las membranas está íntimamente ligado a la variable, dónde la membrana a temperaturas mayores deja pasar más cantidad de sales que cuando está trabaja a menor temperatura, además, al mismo momento que deja pasar más sales el caudal de producción aumenta.

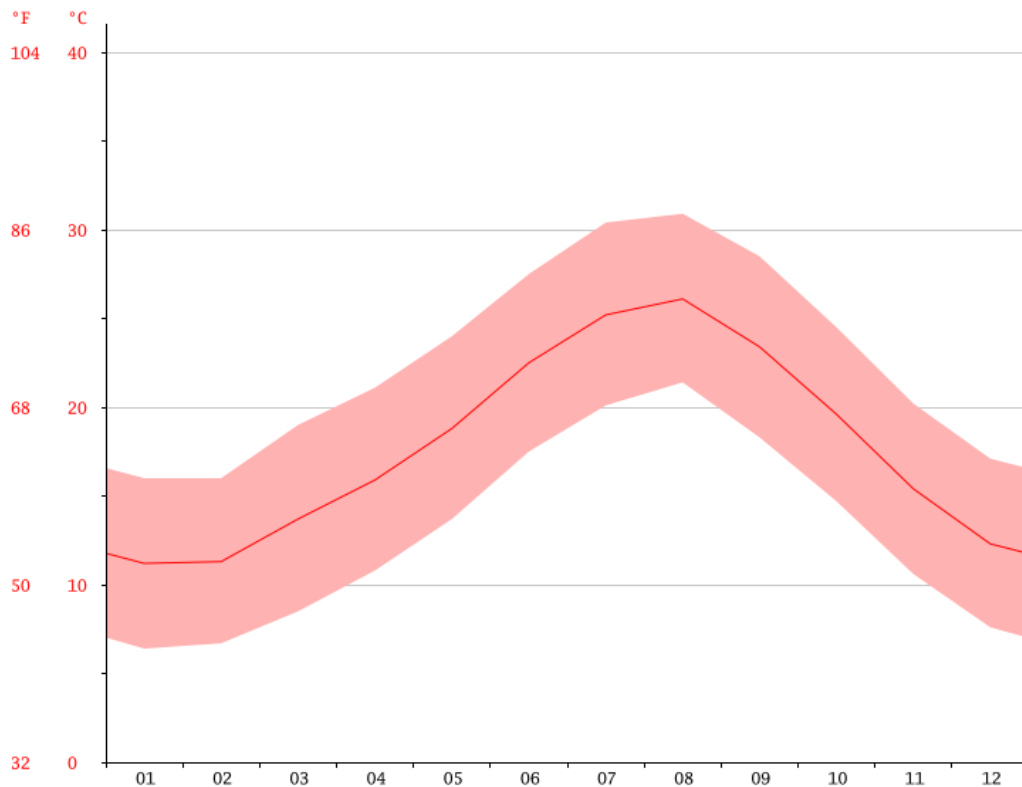
Para saber la temperatura de trabajo del proceso, hay que conocer en qué zona geográfica en la que se va a ubicar, ya que dependiendo de esta ubicación la temperatura varía, no es lo mismo la temperatura de Galicia que la de Cádiz.

Con la ubicación ya fijada, podemos analizar los cambios de temperatura que hay en esta zona, que para nosotros, la planta de producción se ubicará en el Real de Gandía, pero se tomarán los datos de temperatura de Gandía, ya que al ser la ciudad más grande de la zona, es de la que más datos podemos obtener de la temperatura.

Según la página web *Climate-data.org*, podemos obtener muchos datos de temperatura, como la temperatura media de la zona, que se fija en unos 18°C, pero como se ha comentado antes, este diseño se va a desarrollar con valores para que este diseño sea el óptimo para el proceso, con lo que analizaremos más variables en las que influye la temperatura. Esta temperatura media puede oscilar hasta 18°C, pudiendo alcanzar valores superiores a 30°C y valores por debajo de 0°C.

Aquí se muestra una gráfica donde podemos ver la temperatura según el mes del año. Esto nos ayudará a determinar nuestra temperatura de trabajo.





*Imagen 16. Variación temperatura según mes del año*

Se observa en la gráfica la oscilación de temperatura previamente comentada, en la que se observa que en la temporada estival la temperatura aumenta y en invierno la temperatura descende.

Para fijar la temperatura de trabajo, también hay que tener en cuenta la temporada de máxima producción, ya que será donde el proceso productivo de osmosis inversa trabajará a pleno rendimiento.

Los productos que se obtienen en esta industria, tienen un pico en ventas, lo que repercute directamente en la producción, en temporadas vacacionales, sobre todo cuando la temperatura empieza a aumentar, por lo que los meses de mayor producción irán desde marzo aproximadamente hasta octubre.

Dicho todo esto, se puede obtener la temperatura de trabajo del sistema de osmosis inversa que la aproximaremos a 20°C. Esta temperatura nos beneficiará de gozar de una buena calidad de agua en los meses más calurosos, ya que su difusividad con el calor aumenta, por lo que en meses con temperaturas más bajas el caudal disminuirá, pero al no ser un período de trabajo intenso no preocupará.

#### **4.2.1.2. Caudal**

Este factor será determinante a la hora de dimensionar la planta y elegir un tamaño de membrana u otro.

El caudal viene fijado por la cantidad de producto final que fabrique la empresa en nuestro caso, ya que el componente principal del producto es agua. Esto quiere decir que nosotros en función de la producción que queramos tener fijaremos un caudal u otro.

Este caudal será de **100m<sup>3</sup>/día**, caudal suficiente para abastecer todos los requerimientos de la fábrica. Este caudal es el caudal de salida de agua osmotizada (ultrapura) de la planta de osmosis inversa, lo que significa que dependiendo de la conversión con la que vayamos a trabajar tomaremos de la red o pozo un caudal mucho mayor, por ejemplo, si trabajamos a un 50% de conversión en la planta, tomaremos de la fuente de abastecimiento el doble del caudal de salida de agua tratada.

Sabiendo la producción de agua de la planta, servirá de ayuda a la hora de elegir un tamaño de membrana u otro, eligiendo así el que mayores beneficios nos aporte. Como previamente se ha dicho, cada tamaño de membrana está diseñado para unos caudales mínimos y máximos, evitando así un sobrecoste y un desperdicio en las membranas.

#### **4.2.1.3. Calidad del agua de abastecimiento**

Lo primero que tenemos que tener en cuenta sobre el agua de entrada es su procedencia, ya que no va a requerir de los mismos mecanismos tratar un agua salobre que agua de mar.

Para esta industria, vamos a tratar agua salobre procedente de la red urbana de agua potable de la ciudad en que está ubicada, aunque también podríamos tener la opción de extraer agua de un pozo propio.

La calidad del agua con la que vamos a abastecer la planta de osmosis va a depender de la zona geográfica donde situemos la planta de osmosis inversa. Cada región tiene una composición distinta en los minerales presentes en el agua, por eso, es importante la elección de la ubicación.

Como hemos comentado antes, el agua procede de la red urbana de agua potable por lo que habrá que tener en cuenta, si la empresa suministradora utiliza algún tratamiento previo suministro.

En la localización elegida por la empresa para situar la planta de osmosis inversa, la calidad del agua tomada directamente de un acuífero contiene muchos nitratos, debido a que se encuentra en una zona donde existe multitud de cultivos de naranjos que se suelen abonar con exceso de este componente, lo que hace que los nitratos filtren a través de las distintas capas que existen hasta el acuífero. Este componente en elevadas cantidades es tóxico para el consumo humano, por eso la empresa suministradora de agua tiene que tratarla.

La empresa suministradora trata el agua del acuífero mediante un tratamiento de electrodiálisis reduciendo así la cantidad de nitratos presentes haciéndola apta para consumo humano. Esto nos beneficiará ya que tendremos una alta calidad de agua de entrada a la planta, lo que hace que las membranas duren más tiempo.

Tener un análisis del agua de abastecimiento a la planta es un factor determinante para elegir unas membranas u otras, para obtener siempre el mejor tratamiento posible. Para el estudio de diseño de las membranas necesitamos saber ciertos componentes presentes en el agua, ya que algunos de ellos existen en tan baja cantidad que no influyen en el proceso ni en la calidad del agua.

Para este diseño se trabajará con esta analítica de componentes presentes en el agua de entrada, mostrando aquí solo los componentes prioritarios para el diseño:

*Tabla 5. Analítica de componentes principales de agua de entrada*

Analítica a 20°C (mg/L)					
Cationes			Aniones		
Calcio	Ca <sup>2+</sup>	31,5	Bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	120
Magnesio	Mg <sup>2+</sup>	7,57	Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	16,4
Sodio	Na <sup>+</sup>	22	Cloro	Cl <sup>-</sup>	18,4
Potasio	K <sup>+</sup>		Flúor	F <sup>-</sup>	0,11
Amonio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,15	Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	20
Bario	Ba <sup>+</sup>		Fosfatos	FO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
Estroncio	Sr <sup>+</sup>		Silicatos	SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
			Boro	B <sup>-</sup>	0,015

Conductividad	260	μS/cm
pH	7,5	
Indice Langelier	-0,37	

Podemos ver la analítica completa en los documentos adjuntos, ***Analítica del agua de Gandia.pdf***.

#### **4.2.1.4. Calidad de agua de salida**

La finalidad de este proceso implica que unos de los factores clave para el estudio y diseño de esta planta de osmosis inversa, sea la calidad de agua a la salida de la planta.

Este factor va a venir delimitado por el destinatario de esta planta de osmosis inversa, ya que el objetivo de implantar esta tecnología en la industria es tener un agua con excepcionales propiedades. Esta industria requiere para la producción de refrescos de agua “ultrapura”, que le confiere una serie de propiedades muy beneficiosas a la hora de poder formular dichos refrescos... con base acuosa.

Para que un agua sea considerada ultrapura tiene que tener ciertos requisitos, tales como:

Tabla 6. Valores estándar de agua ultrapura según tipo

Parámetro fisicoquímico	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Conductividad eléctrica máxima a 25°C (μS/cm)	0.056	1.0	0.25	5.0
Resistividad mínima a 25°C (MΩ·cm)	18	1.0	4.0	0.2
pH a 25°C	-	-	-	5.0 a 8.0
Carbono Orgánico Total (TOC) máximo (mg/L)	50	50	200	Sin límite establecido
Sodio máximo (mg/L)	1	5	10	50
Cloruros máximo (mg/L)	1	5	10	50
Sílice máximo (mg/L)	3	3	500	Sin límite establecido

El principal objetivo de la planta es eliminar la mayoría de sustancias que le confiere conductividad al agua producida, por ello, se tomará como agua apta para este trabajo aquella que no supere los 10 μS/cm. A mayor grado de eliminación mejor será para la formulación y producción del producto, debido a que interactuarán menos componentes con los aditivos que se le añadan al agua para la elaboración del refresco.

Debido a la similitud de propiedades con el agua ultrapura tipo IV, podemos hablar que esta planta de osmosis inversa produce un agua “ultrapura”, ya que cumple con la mayoría de requisitos para ser considerada ultrapura.

#### 4.2.1.5. Bastidores

Una de las ventajas que desarrollan las plantas de osmosis inversa, es la flexibilidad en el diseño, ya que se puede producir el mismo caudal con la misma calidad cambiando la estructura del sistema de osmosis.

Llamamos bastidor a todo el sistema de osmosis inversa, desde la bomba que genera la presión de impulsión a los distintos tubos de presión que se empleen, es decir, todo lo que compone el sistema quitando del pre-tratamiento y el post-tratamiento.

Cada bastidor puede generar un caudal, por lo que, en este caso, tenemos un caudal de 100m<sup>3</sup>/día que será el encargado de que la fábrica no deje de producir.

Con el bastidor se puede tener dos opciones para el diseño:

- Un bastidor que suministre todo el caudal a la industria, con el riesgo de que este sistema de osmosis inversa pueda fallar, lo que requeriría de un tanque de almacenamiento de agua tratada grande para garantizar el suministro de agua a la industria.
- Dividir el caudal en varios bastidores, para garantizar un suministro fijo y así que la producción no tenga pausa, no teniendo que requerir un gran depósito de almacenamiento de agua tratada.

Según los requerimientos del contratante, se prefiere una planta de osmosis inversa con 2 bastidores que no deje de suministrar agua a la planta de producción, dado que el aumento de

espacio es mucho menor que si se necesitara un tanque de almacenamiento de grandes dimensiones. Aunque puede suponer un coste extra de inversión, ya que se necesitan el doble de instrumentos, es decir, dos bombas de impulsión, dos estructuras de tubos de presión...

Esto también va a suponer una ventaja en la producción, debido a que cuando la demanda de agua baje, puede trabajar un solo bastidor, ahorrando energía.

#### **4.2.1.6. Varios**

Existen también variables que se tienen que fijar previo diseño, según el cliente demande como:

- **Edad de uso de las membranas**

La edad de uso de membranas suele oscilar entre 5 y 7 años, con tal de garantizar un buen funcionamiento de la planta. Se refiere al tiempo de cuando hay que renovar las membranas.

Para el diseño se va a fijar una edad de membrana de 3,5 años debido a que es la mitad del tiempo de vida que va a tener la membrana y nos indicará aproximadamente que cantidad de sales es capaz de eliminar. Será un valor promedio desde que la membrana es nueva hasta los 7 años donde la membrana ya ha perdido cierta eficiencia.

- **Declive del flux y Factor de ensuciamiento (fouling)**

Son dos variables que vienen ligadas, y que previo análisis de agua se estudia que declive va a experimentar el flux, que viene referido al grado de ensuciamiento de las membranas.

Por lo que, con respecto a lo estudiado, el flux va a decaer aproximadamente un 3% en condiciones normales, por lo que se fija un factor de ensuciamiento de 0.899.

- **Aumento del SP (paso de sales)**

Las membranas con el tiempo pierden cierta selectividad por eso hay que tener en cuenta que con el paso de los años la membrana experimentará un cierto aumento en el paso de las sales.

En este diseño, el incremento de sales por año será de un 5%.

#### **4.2.2. Especificaciones de diseño variables**

Como se explica anteriormente, cada sistema de osmosis inversa es diseñado para una situación, lo que lo hace un sistema óptimo para cada caso.

Estas especificaciones que se pueden cambiar en el diseño, es decir, que tenemos varias opciones, lo único que van a hacer que el diseño sea óptimo. Con esta optimización del proceso conseguimos que el sistema de osmosis inversa funcione con las exigencias puestas por el cliente y que suponga un ahorro, ya que no se malgastaría ninguna de sus partes.

La optimización del proceso se va a conseguir combinando las posibilidades de configuraciones posibles, de estas variables. La combinación de estas variables no puede hacer que se supere un valor máximo en el flux, que será de 25 l/mh, ya que si este se supera los cálculos serán erróneos.

Para conseguir esta optimización, se puede modificar en el diseño las siguientes partes:

#### **4.2.2.1. Membrana**

Dependiendo de la membrana elegida, el sistema necesitará de unos parámetros para su funcionamiento, lo que hará que dependiendo de la membrana se emplee un tipo de instrumentación u otra.

La membrana también hará que varíe la calidad del agua producida, ya que cada membrana presenta ciertas limitaciones con respecto a la cantidad de sales que es capaz de eliminar.

#### **4.2.2.2. Conversión**

La conversión se refiere a la cantidad de agua utilizada para tratar un agua, por lo que, a mayor conversión menor rechazo de agua se produce.

Por ejemplo, si un sistema de osmosis inversa presenta un 50% de conversión, significa que solo sale como agua tratada el 50% del agua que se le suministra a la planta de osmosis inversa, por lo que el resto de agua que no sale como agua tratada se convierte en rechazo con una concentración de sales mayor a la inicial.

#### **4.2.2.3. Etapas**

Los sistemas de osmosis pueden presentar hasta tres etapas. Un número mayor de etapas no garantiza un mejor producto, ya que, dependiendo de la eficacia y la configuración de la primera etapa, puede que las etapas consiguientes sean inútiles, o, por el contrario, varias etapas pueden conseguir una mayor eliminación de sales pudiendo ser más eficientes.

#### **4.2.2.4. Número de elementos y tubos de presión**

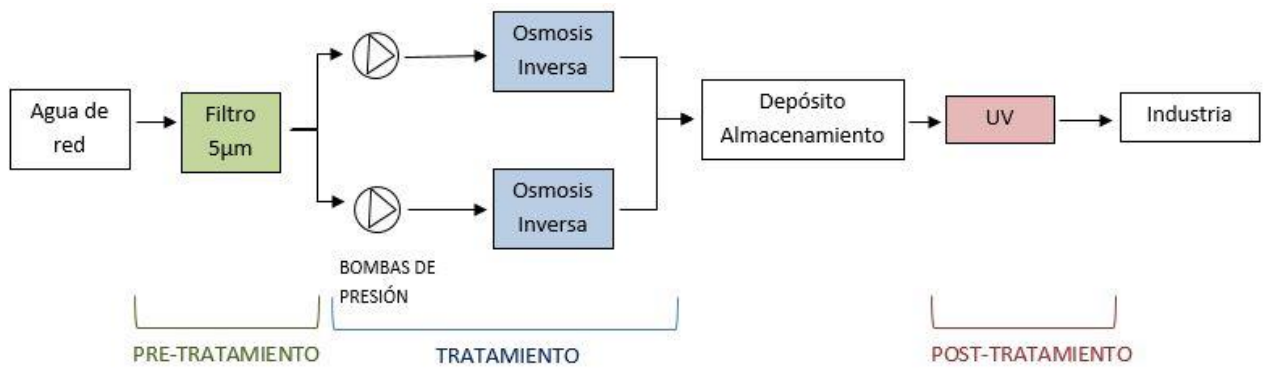
Cada etapa está formada por un número de tubos de presión, dónde cada tubo de presión puede presentar hasta siete elementos (membranas).

Respecto a los elementos, un tubo de presión puede tener hasta siete, lo cual no implica que utilizar el máximo número de elementos genere una mayor calidad de agua.

Respecto a los tubos de presión, se pueden poner los que uno quiera, siempre y cuando el flux no sea superior a 25 lmh.

### **4.3. Diagrama de flujo**

El siguiente diagrama de bloques explica un poco como será la planta de osmosis inversa:



El diagrama explica cómo será la planta, pero hasta que no se obtengan resultados de la simulación y optimización del proceso no se puede diseñar el sistema, ya que puede haber muchas variantes en el proceso.

## 5. SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

El software de diseño nos va a permitir simular las distintas situaciones que se puedan encontrar en el proceso real. Para ello, como se ha dicho antes, se ha de introducir el análisis del agua que se va a tratar en la planta de ósmosis inversa, ya que sin ella el programa no funciona.

Project: KO plant 4 ESPA2-LD404C Calculated by: Pere Temperature: 20.0 °C Water Type: RO Permeate

pH 7,50 CO3 0,207 mg/l CO2 6,163 mg/l E Conductivity 353,6 µs/cm

Cations		Anions			
mg/l	mg/l CaCO3	mg/l	mg/l CaCO3		
Ca	31,50	78,75	120,00	98,36	
Mg	7,57	31,02	504	16,40	17,08
Na	22,00	47,83	Cl	18,40	25,95
K	0,00	0,00	F	0,11	0,29
NH4	0,15	0,42	NO3	20,00	16,13
Ba	0,000	0,00	PO4	0,00	0,00
Sr	0,000	0,00	SiO2	0,00	
			B	0,01	
Total, meq/l		3,16	Total, meq/l		3,16

Saturations			
Calculated TDS	236 mg/l	CaSO4	0,4 %
Osmotic pressure	0,1 bar	BaSO4	0,0 %
Ca3(PO4)2 SI	0,00	SrSO4	0,0 %
CCPP	-8,77 mg/l	CaF2	0,1 %
Langlier SI	-0,5	Silica	0,0 %

Imagen 17. Primer paso simulación: Introducción de datos del análisis del agua a tratar.

Una vez se han introducido los datos en el simulador, se va a proceder a introducir las especificaciones de cada diseño posible.

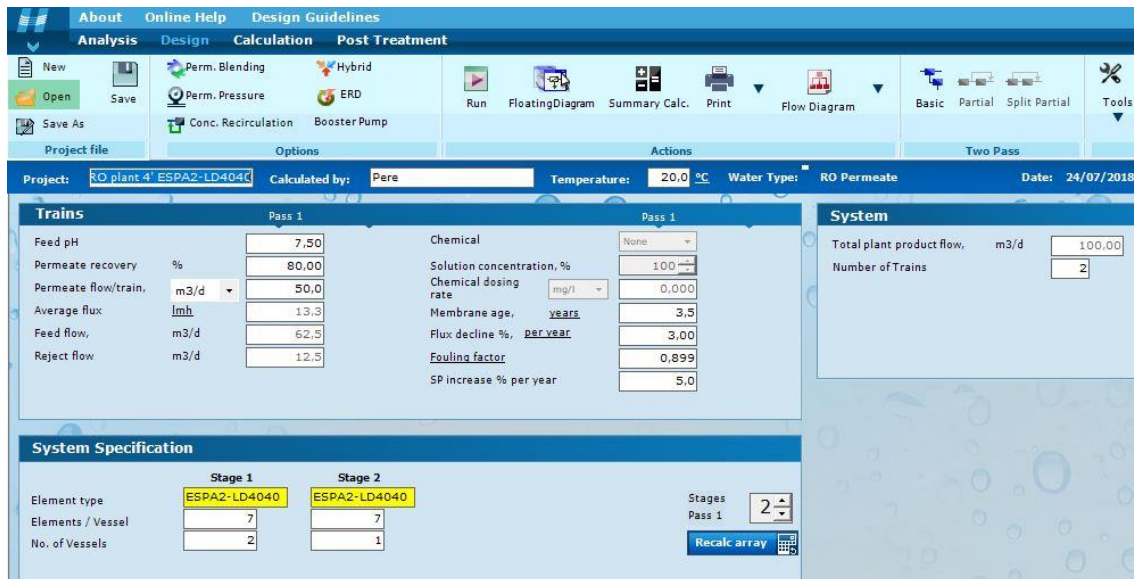


Imagen 18. Segundo paso: Introducción de las especificaciones de diseño.

Aquí se puede observar, el diseño de una membrana ESPA2-LD4040, y la configuración óptima de diseño. En este apartado, se introducen las especificaciones fijas y variables, donde para cada configuración se han ido cambiando los tipos de membrana (element type), la conversión (permeate recovery), los tubos de presión (nº of vessels), las membranas por tubo de presión (elements/vessels) y las etapas (stage pass).

Para que el programa ejecute la simulación del diseño, se pulsará esta opción ubicada en la parte superior de la ventana:

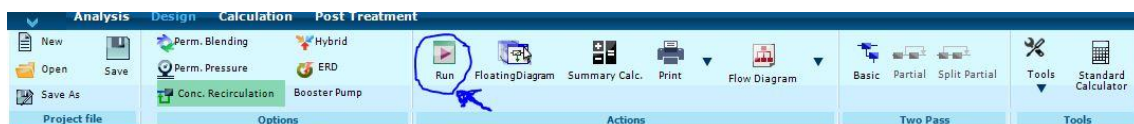


Imagen 19. Tercer paso: Ejecutar el diseño.

Una vez se haya ejecutado el diseño, se procederá a la interpretación de los resultados, donde se focalizará en el recuadro que se ha resaltado.



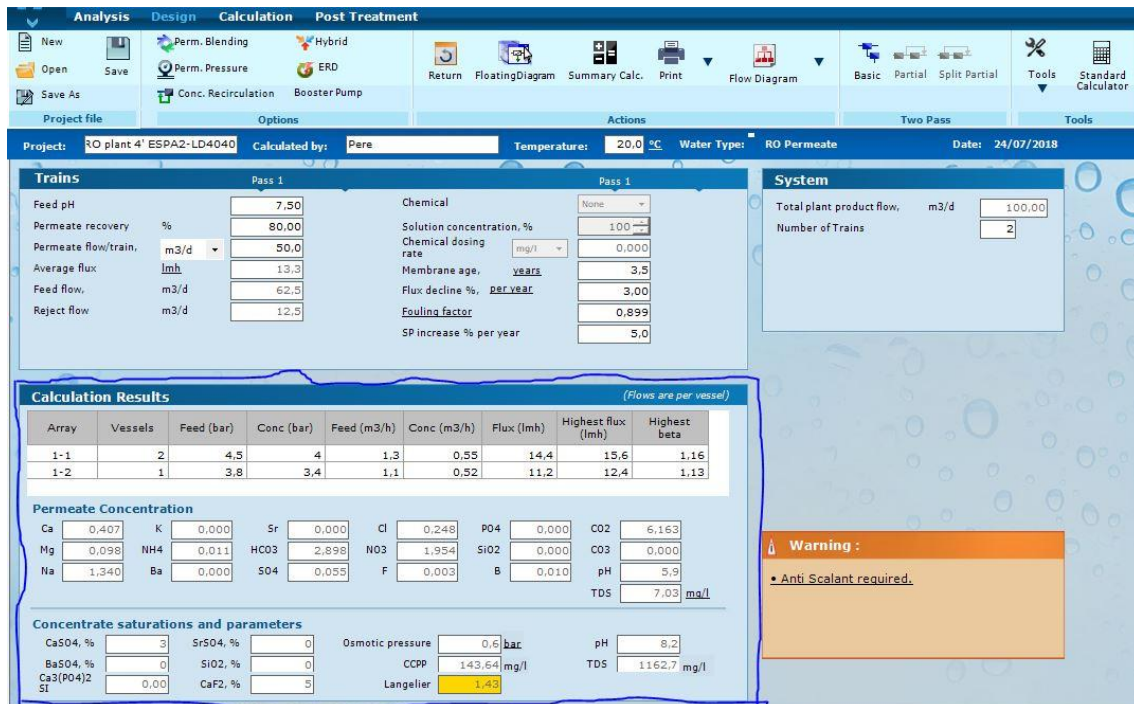


Imagen 20. Cuarto paso: Interpretación de los resultados.

Una vez sabemos cómo funciona el programa, se puede empezar con el estudio de optimización, para elegir la mejor configuración de membranas posible.

Para ello, en este estudio se ha procedido de la siguiente manera:

- Analizar todas las configuraciones con el 50% de conversión de las membranas.
- Analizar las configuraciones con un 75% de conversión, las configuraciones de las membranas que si cumplen las especificaciones de calidad del agua producida.
- Optimizar la membrana elegida.

### 5.1. Análisis de las membranas con un 50% de conversión.

Este primer paso de la optimización del sistema de ósmosis inversa, se utiliza como filtro para descartar que membranas se podrían adaptar a la planta de ósmosis inversa que se quiere diseñar.

Si las membranas producen un permeado de menor calidad del requerido, se van a descartar para este diseño. También si con esta conversión producen un permeado que supera ligeramente las expectativas de calidad, se descartarán, debido a que un aumento en la conversión va a producir un déficit de retención de sales, es decir, a mayor conversión para una misma configuración de una membrana menor calidad de agua.

También habrá membranas y configuraciones, que no serán aptas para este proceso ya que superarán los límites de diseño, dónde el mismo software nos indica que hay un error, o que, por la experiencia del diseñador, descarte una configuración porque se sabe que no cumplirá con la calidad requerida.

En la siguiente imagen se va a mostrar los resultados de la simulación de configuración que si pasaría este primer descarte de membranas.

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,1	4	2,08	1,28	15,4	17,5	1,07
1-2	1	3,8	1,9	2,56	2,08	9,2	12,1	1,03

Permeate Concentration											
Ca	0,298	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,181	PO4	0,000	CO2	6,163
Mg	0,072	NH4	0,008	HCO3	2,122	NO3	1,454	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,991	Ba	0,000	SO4	0,040	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
TDS										5,18	mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,74 mg/l	TDS	470,4 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 21. Resultado de la membrana ESPA2-LD4040 con 1ªetapa 2 tubos de presión y 2ª etapa 1 tubo de presión con 7 elementos por tubo de presión y 50% de conversión.

Las membranas analizadas son:

- CPA2-4040
- CPA5-LD4040
- CPA-4040E
- ESPA2-4040
- ESPA2-LD4040
- ESPA4-4040
- ESPA4-LD4040
- ESPA-2540
- SanRO-HS2-4

Todos los resultados se pueden consultar en el apartado de anexos.

Las membranas analizadas que pasan no superan los criterios establecidos son:

- ESPA4-4040. No supera los criterios de calidad del permeado.
- ESPA4-LD4040. No supera los criterios de calidad del permeado.
- ESPA-2540. Existen configuraciones de membrana que, si pasan los criterios de calidad del permeado, pero estas configuraciones van a suponer un gasto en membranas superior al resto, debido a que se requiere de más cantidad de ellas.
- SanRO-HS2-4. Todas las configuraciones superan los límites de diseño, por lo que el programa no simula.

## 5.2. Análisis de las membranas con un 75% de conversión.

Se sabe, que los sistemas de ósmosis inversa que trabajan con aguas de entrada a la planta con buenas propiedades pueden trabajar a conversiones mayores, por eso, las membranas que si han pasado la anterior selección, van a ser simuladas con un 75% de conversión.

Una vez se simulen, se van a observar los pequeños detalles que marcarán la diferencia entre unas membranas u otras.

Calculation Results <small>(Flows are per vessel)</small>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6,4	5,5	1,39	0,64	17,8	19,4	1,14
1-2	1	5,3	4,4	1,27	0,69	13,8	15,3	1,10

Permeate Concentration											
Ca	0,492	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,300	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,118	NH4	0,014	HCO3	3,502	NO3	2,352	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,616	Ba	0,000	SO4	0,067	F	0,004	B	0,010	pH	6,0
										TDS	8,48 mg/l

Concentrate saturations and parameters									
CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1		
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,82 mg/l	TDS	923,9 mg/l		
Ca3(P04)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15				

Imagen 22. Resultado de la membrana CPA-4040E con 1ªetapa 2 tubos de presión y 2ª etapa 1 tubo de presión con 7 elementos por tubo de presión y 75% de conversión.

Para ello, nos vamos a fijar en dos parámetros del resultado:

- Calidad del permeado. Siempre ha de ser inferior a 7 mg/L o 10µS/cm.
- La presión de alimentación al sistema de ósmosis. Nos va a indicar la energía que vamos a tener que gastar para que el proceso se lleve a cabo. Por lo general, a mayor sea la presión mayor bomba de presión tenemos que emplear, o lo que es igual, mayor energía hay que suministrarle al sistema. Entonces, las configuraciones que mayor presión de alimentación presenten serán desestimadas

Todos los resultados analizados se pueden ver en el apartado de anexos.

Después de ver los resultados obtenemos la siguiente afirmación:

Todas las membranas analizadas en estas simulaciones, presentan una misma estructura válida para dicha conversión, siendo solamente válidas la estructura formada por dos etapas con la 1ªetapa con 2 tubos de presión y la 2ª etapa con 1 tubo de presión, tanto para tubos de presión de 6 elementos como para los tubos de 7 elementos.

El resto de configuraciones nos inducen a un error por excedernos en los límites de operación.

## 5.3. Optimización de la configuración elegida.

La membrana elegida para optimizar, es la membrana **ESPA2-LD4040**.

Como bien se nombraba antes, había dos datos del resultado que iban a influir:

- Calidad del permeado. No presenta el mejor resultado de permeado, ya que hay membranas capaces de eliminar más cantidad de sales, pero sí que presenta valores inferiores al máximo permitido.
- Presión de alimentación. Presenta los valores de presión más bajos, lo que supone que son los más eficientes energéticamente hablando, lo cual supone que son los que menor coste de operación presentan.

Para intentar ir un paso más allá, se va a intentar subir el grado de conversión a lo máximo que nos permita el software. Para ello, hemos empleado una conversión del 80%, ya que a conversiones mayores el programa induce a error. Esto también va a permitir que el gasto en agua de entrada disminuya, debido a que cuanto mayor es la conversión, menor es el rechazo producido.

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	4,5	4	1,3	0,55	14,4	15,6	1,16
1-2	1	3,8	3,4	1,1	0,52	11,2	12,4	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,407	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,248	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,098	NH4	0,011	HCO3	2,898	NO3	1,954	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,340	Ba	0,000	SO4	0,055	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS										7,03	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,6	bar	pH	8,2	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	143,64	mg/l	TDS	1162,7	mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	5	Langelier	1,43				

Imagen 23. Resultado de la membrana ESPA2-LD4040 con dos etapas de 7 elementos por tubo de presión y la 1ª etapa con dos tubos de presión y la 2ª etapa con un tubo de presión.

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,1	4,7	1,3	0,56	16,6	17,7	1,19
1-2	1	4,5	4,1	1,12	0,52	13,6	14,6	1,16

**Permeate Concentration**

Ca	0,346	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,210	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,083	NH4	0,010	HCO3	2,461	NO3	1,667	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,141	Ba	0,000	SO4	0,047	F	0,003	B	0,010	pH	5,8
TDS										5,98	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,6	bar	pH	8,2	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	144,09	mg/l	TDS	1166,5	mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	6	Langelier	1,44				

Imagen 24. Resultado de la membrana ESPA2-LD4040 con dos etapas de 6 elementos por tubo de presión y la 1ª etapa con dos tubos de presión y la 2ª etapa con un tubo de presión.

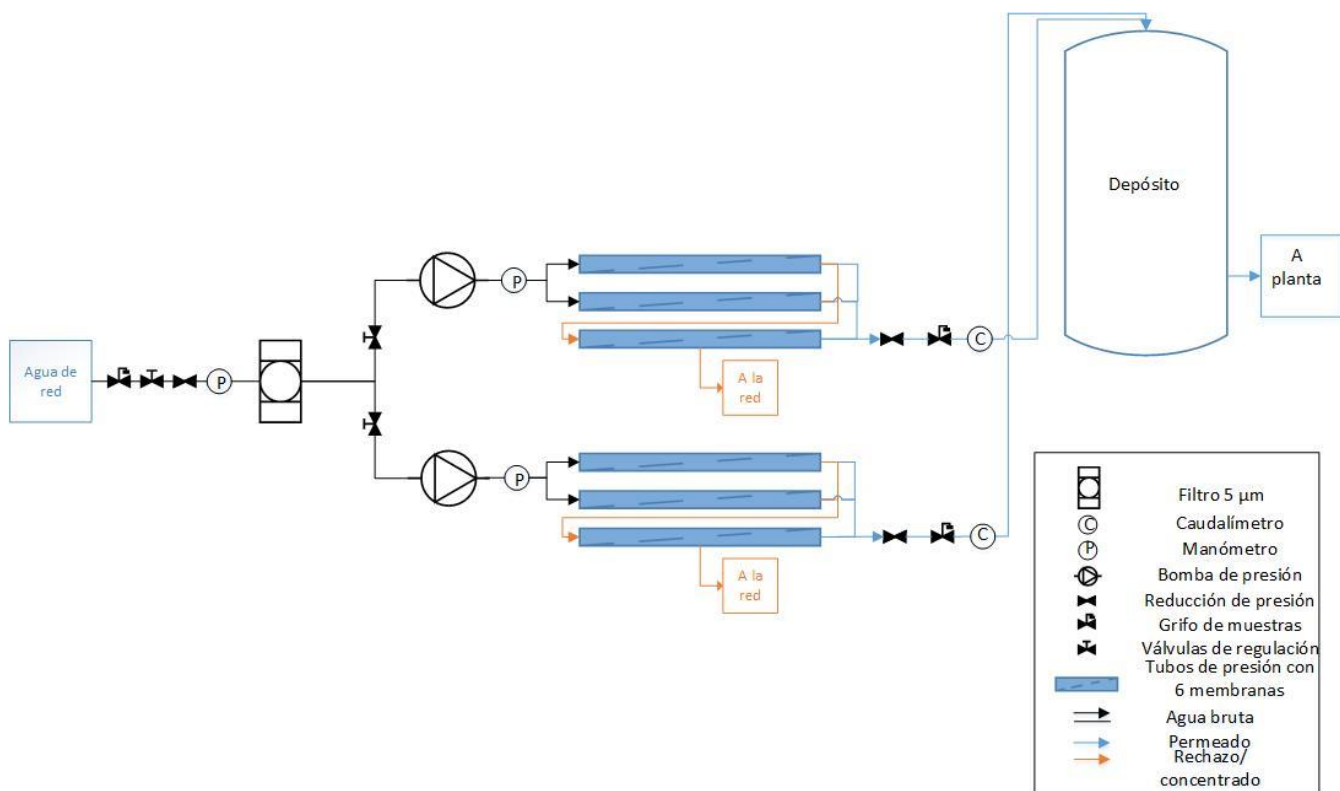
Como se puede observar en los resultados, la configuración con siete membranas por tubo de presión, excede por muy poco el criterio de calidad del permeado, pero al ser tan poco, se puede dar como válido, debido a que no varía prácticamente la composición.

Para saber cuál de las dos configuraciones, vamos a utilizar tenemos que ir al estudio económico. Esto se debe principalmente, a que las características del agua producida son prácticamente iguales, y las presiones de alimentación varían muy poco una respecto de la otra, por lo que elegir a la de menor presión no sería un criterio fiable.

Sabiendo que el precio de la membrana ronda los 200€ (en el estudio económico se hallará su valor comercial exacto), el utilizar una configuración con menor número de membranas va a ser el factor clave.

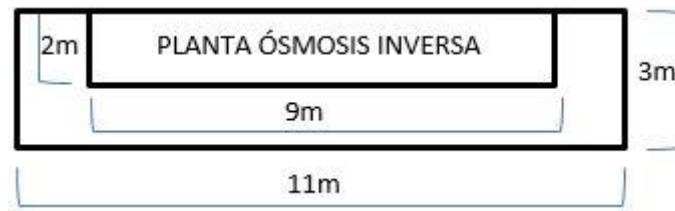
Una presión de alimentación de 5,1 bar presenta un gasto energético de 0,22 kWh/m<sup>3</sup> mientras que una presión de 4,5 bar de la configuración de 7 membranas presenta un gasto energético de 0,19 kWh/m<sup>3</sup>, esto significa que al elegir la configuración de 6 membranas presentará un gasto energético superior en 0,03 kWh/m<sup>3</sup>, que al día supondría un gasto en exceso de 3kWh. Este exceso de gasto energético al ser tan pequeño no va a influir en la economía de la empresa.

#### 5.4. Esquema pormenorizado del sistema de ósmosis inversa.



Este esquema sirve para hacerse una idea de cómo se llevaría a cabo una planta de ósmosis inversa, ya que la distribución de los elementos puede variar en función del espacio que se tenga en la industria. Esta planta requerirá al menos de una superficie de 2 x 9 m, debido a que solo los tubos de presión tienen una longitud de 6m. Esta superficie no incluye la zona para el operario, que dependiendo de la industria donde se implante tendrá más o menos espacio para

poder operar, pero se recomienda dejar como mínimo 1m de longitud sobre el perímetro de la planta, para así llegar a tocar todos los elementos de la planta con comodidad.



*Imagen 25. Espacio mínimo requerido para la planta de ósmosis inversa, con el pre-tratamiento incluido, y sin depósito.*

Este sería el mínimo, pero según cliente y superficie disponible esta configuración es variable.

## 6. ESTUDIO ECONÓMICO

### 6.1. Costes de inversión

Los costes de inversión van a suponer la inversión inicial que va a suponer a la industria la instalación de la planta de ósmosis inversa.

Tabla 7. Precio de la planta de ósmosis.

Elementos	Fabricante	Modelo	Nº Unidades	Precio unitario	Descuento	Precio total	Precio total con IVA
Membranas	Hidranautics	ESPA2-LD4040	36	300,00 €	10%	10.770,00 €	13.031,70 €
Tubo de presión	Pentair	Codeline	6	1.000,00 €	-	6.000,00 €	7.260,00 €
Bomba de presión	Grundfos	CRN 1-15	2	2.088,00 €	-	4.176,00 €	4.176,00 €
Filtro 5µm	Pentair/ Pentek	Felt filter bag 5µm	1	122,65 €	-	122,65 €	122,65 €
Carcasa filtro	Full Flo	-	1	1.106,39 €	-	1.106,39 €	1.106,39 €
Tuberías y accesorios acero inoxidable	-	-	1	2.000,00 €	-	2.000,00 €	2.420,00 €
Caudalímetro / Válvula de regulación	Tacosetter	Bypass 100	1	305,30 €	-	305,30 €	305,30 €
Caudalímetro / Válvula de regulación	Tacosetter	Bypass 100	2	186,20 €	-	372,40 €	372,40 €
Manómetro	Salvador Escoda	IM 30 5	3	11,00 €	-	33,00 €	39,93 €
Soporte	-	-	1	3.000,00 €	-	3.000,00 €	3.630,00 €

Teniendo el precio de todos los elementos necesarios, podemos calcular el total de lo que costaría la planta sin transporte ni montaje.

**TOTAL SIN IVA: 25.646,85 €**

**TOTAL CON IVA: 32.464,37 €**

Como se trata de una planta mediana, podemos aplicar un factor de 1,25 con el fin de saber la cantidad total que costaría tener la planta puesta en marcha en la industria. Este factor de instalación, transporte y puesta en marcha puede oscilar entre 1,20 y 2, que vendrá determinado por la complejidad de la planta, en este caso es de baja complejidad al tratarse de una planta mediana.

**TOTAL = 40.580,46 € con IVA, transporte, instalación y puesta en marcha incluido.**

## 6.2. Costes de amortización

Estos costes corresponden al gasto económico que genera la planta de ósmosis inversa, con lo que podemos hallar que cuesta producir 1 m<sup>3</sup> de agua. Se va a desglosar en dos partes:

- **Costes variables**

Son los costes que presenta la planta mientras está en funcionamiento, por lo tanto, solo se van a contar los días que está en marcha la planta.

En esta industria presenta 303 días laborables/año, trabajando las 24h del día.

*Tabla 8. Costes variables de amortización.*

Costes variables	Precio (€/año)	Cálculo
Energía	821,41 €	Energía consumida (kWh) x días en funcionamiento (h/año) x precio energía (€/kWh)
Agua de entrada	17.384,63 €	Agua consumida (m <sup>3</sup> /día) x días en funcionamiento (día/año) x precio agua (€/m <sup>3</sup> )
Reemplazo de membranas	1.861,67 €	Cada 7 años se cambian las membranas
Productos químicos	147,42 €	Suponen 5% del total sin agua, según valores estadísticos
Mantenimiento	117,94 €	Suponen 4% del total sin agua, según valores estadísticos
Gestión de concentrados	-	No se genera una salmuera con el TDS, que obligue a pagar por su vertido.
Total variables	2.948,44 €	Para calcular el gasto en mantenimiento y productos químicos
<b>TOTAL VARIABLES + AGUA DE ENTRADA</b>	<b>20.333,07 €</b>	

- El coste energético de tener la planta en marcha, va a venir determinado por el precio de la luz y la energía que se consume.  
**Precio luz (IBERDROLA PLAN 3.0) = 0,0908 €/kWh**, es la media ponderada de los tres precios según cuando se utilice.  
**Días laborables al año = 303 días/año = 7272 h/año**, planta en funcionamiento.  
**Energía consumida = 2 x 0.622 = 1.244 kWh**, lo que consume las bombas de presión según curva de potencia.
- El coste de agua se sabe según:  
**Precio agua (EGEVASA) = 0.429 €/m<sup>3</sup>**, precio de suministro a la industria.  
**Días laborables al año = 303 días/año**, planta en funcionamiento.  
**Agua consumida = 125 m<sup>3</sup>/día**, agua que consume la planta diariamente.
- **Costes fijos**  
 Estos costes corresponden a los gastos que presenta la empresa funcione o no funcione la planta de osmosis inversa.



Tabla 9. Costes fijos de amortización.

Costes fijos	Precio (€/año)	Cálculo
Personal	7.085,40 €	Coste de tener un técnico
Término de potencia	310,84 €	Término de potencia mensual (€/kWh/mes) x 12 meses
<b>Total fijos</b>	<b>7.396,24 €</b>	

- **Personal.** Se requiere de un técnico superior, por seguridad, aunque al ser una planta pequeña también puede encargarse un operario.  
Un técnico superior, como mínimo bruto anual, tiene un salario de 23.618,00 €. Como se ha dicho, es una planta de baja complejidad, por lo que, solo le requerirá de su tiempo laboral un 30% de su jornada laboral.
- **Término de potencia (IBERDROLA).** Según la potencia contratada, el término de potencia corresponde a 25,903€/kWh/mes.

Una vez tenemos los costes fijos y los costes variables, podemos calcular el coste que tiene por m<sup>3</sup> esta planta de ósmosis inversa.

$$\text{Coste de agua producida} = \frac{\text{Costes variables anuales} + \text{costes fijos anuales}}{\text{m}^3 \text{ de agua producidos anuales}} = \text{€/m}^3$$

Por lo tanto:

$$\text{Coste de agua producida} = \mathbf{0,92\text{€/m}^3}$$

## 7. CONCLUSIÓN

Después de realizar el estudio económico de lo que sería llevar a cabo esta planta de ósmosis inversa llegamos a distintas conclusiones:

- ✓ Genera agua “ultrapura”, con un TDS final de 5,98 mg/l (7,20µS/cm).
- ✓ Genera un concentrado de bajo TDS, 1166,55, lo cual permite un ahorro en la gestión de este concentrado y su posible vertido a la red urbana de nuevo. Además, el concentrado producido es un 20%, lo que hace a la planta, una planta de baja generación de concentrado.
- ✓ Presenta un consumo energético muy bajo, debido a la elección de bombas de presión de baja potencia, lo cual hace que el consumo energético sea muy bajo con respecto a otros procesos.
- ✓ Bajo coste del agua producida. El coste de un refresco en un supermercado ronda 1€/L, lo que a esta planta le supone generar más de 1 m<sup>3</sup> de agua.

## 8. ANEXOS

### ANEXO I. Resultados simulación 50% conversión con una etapa y siete elementos de membrana.

#### CPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	5,9	5	1,39	0,69	12,6	13,8	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,392	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,239	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,094	NH4	0,011	HCO3	2,794	NO3	1,907	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,301	Ba	0,000	SO4	0,053	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
										TDS	6,81 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,13 mg/l	TDS	465,7 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 26. 3 tubos de presión

#### CPA5-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,1	5,5	1,39	0,69	13,4	14,1	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,190	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,116	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,046	NH4	0,005	HCO3	1,629	NO3	0,651	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,634	Ba	0,000	SO4	0,026	F	0,001	B	0,008	pH	5,7
										TDS	3,31 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,37 mg/l	TDS	469,2 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 27. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	4,6	4,2	1,04	0,52	10	10,5	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,253	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,154	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,061	NH4	0,007	HCO3	2,170	NO3	0,866	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,843	Ba	0,000	SO4	0,034	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
										TDS	4,40 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,27 mg/l	TDS	468,1 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 28. 4 tubos de presión

**CPA-4040E**

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6	5	1,39	0,69	16,5	18,0	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,390	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,237	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,094	NH4	0,011	HCO3	2,779	NO3	1,898	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,295	Ba	0,000	SO4	0,053	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
										TDS	6,77 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,13 mg/l	TDS	465,8 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 29. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	6	3	2,6	0,69	0,35	8,1	9,0	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,777	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,473	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,187	NH4	0,022	HCO3	5,522	NO3	3,712	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,550	Ba	0,000	SO4	0,106	F	0,006	B	0,010	pH	6,2
										TDS	13,36 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,58 mg/l	TDS	459,2 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,29		

Imagen 30. 6 tubos de presión

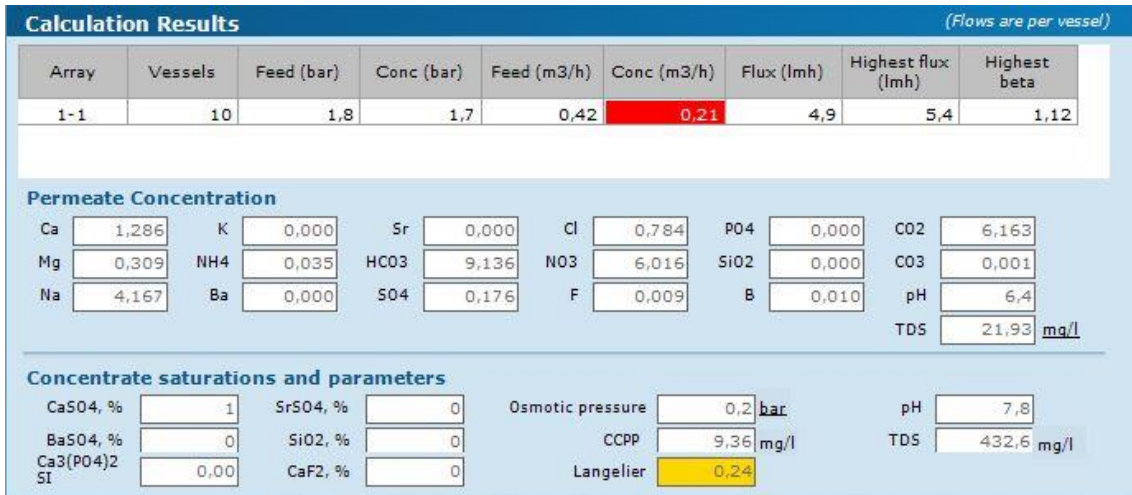


Imagen 31. 10 tubos de presión

**ESPA2-4040**

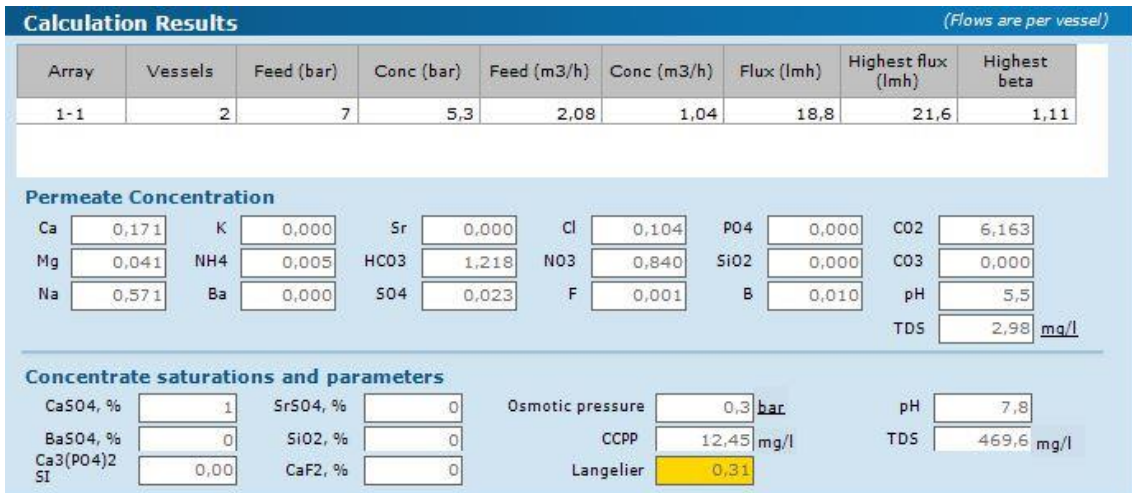


Imagen 32. 2 tubos de presión

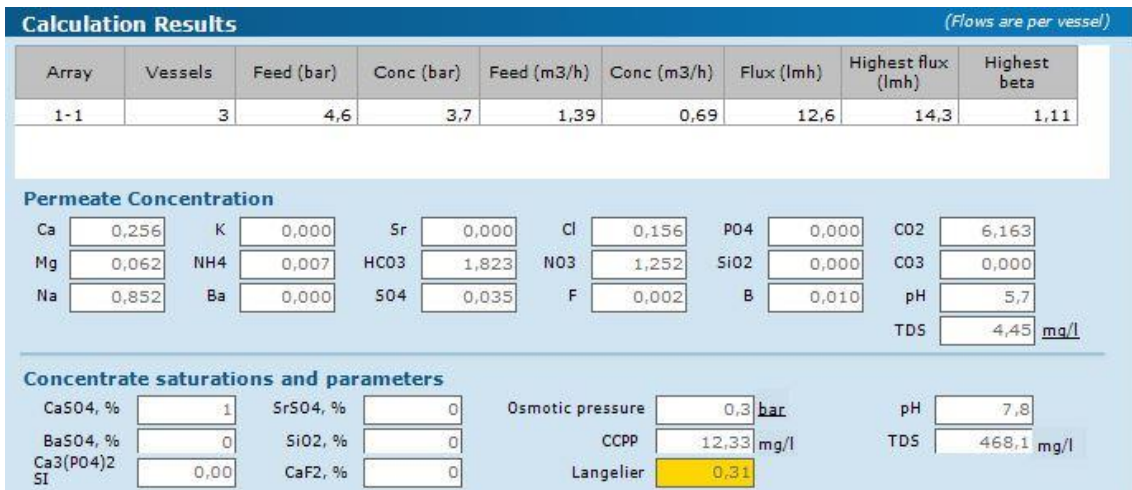


Imagen 33. 3 tubos de presión

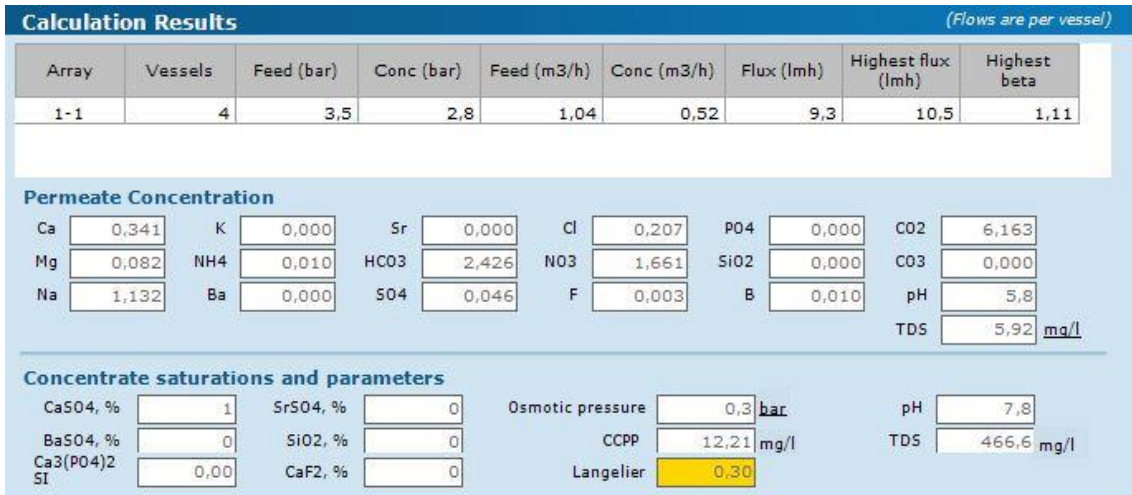


Imagen 34. 4 tubos de presión

### ESPA2-LD4040

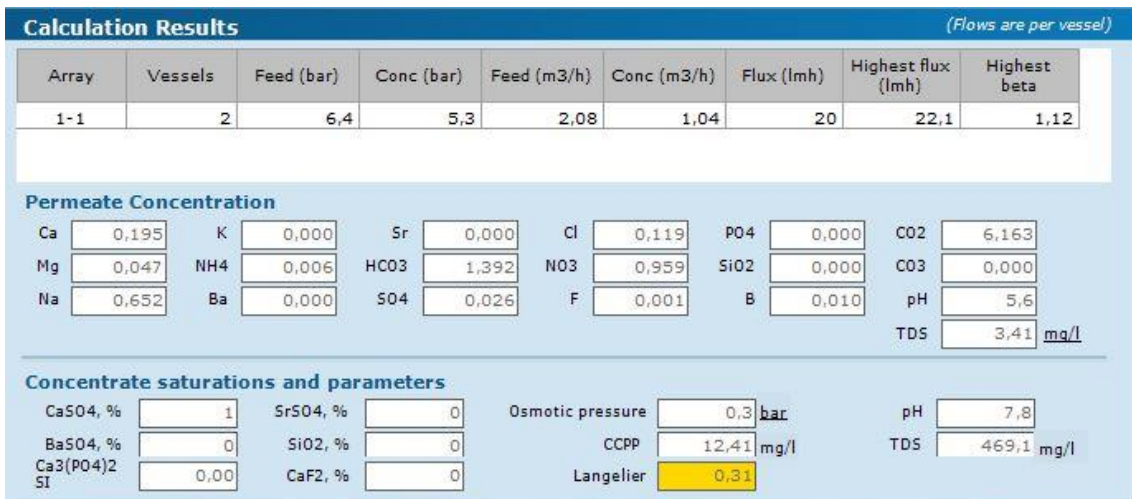


Imagen 35. 2 tubos de presión

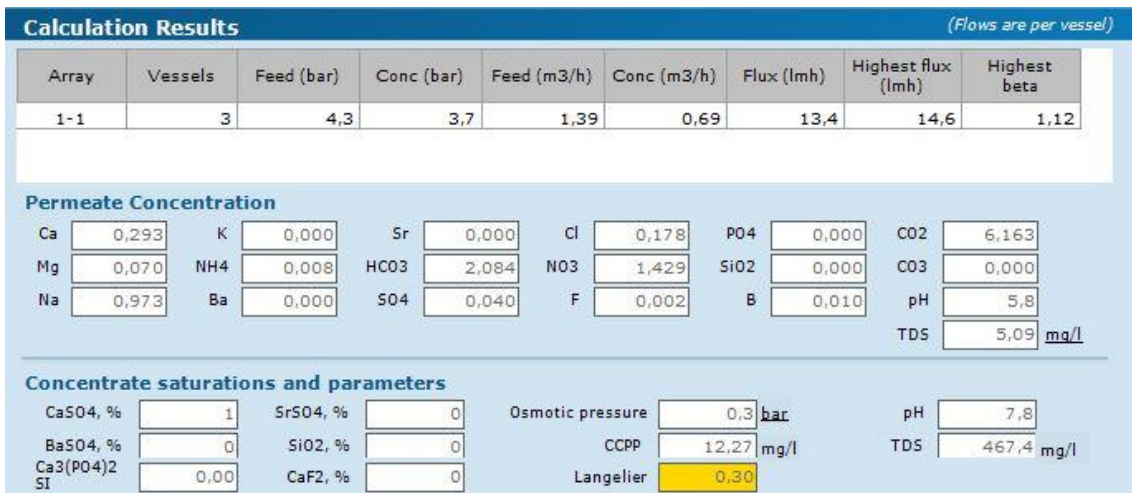


Imagen 36. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,2	2,8	1,04	0,52	10	10,9	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,390	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,237	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,094	NH4	0,011	HCO3	2,774	NO3	1,895	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,293	Ba	0,000	SO4	0,053	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
										TDS	6,76 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,13 mg/l	TDS	465,8 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 37. 4 tubos de presión

### ESPA4-4040

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	4,3	2,6	2,08	1,04	18,8	23,8	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,115	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,438	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,028	NH4	0,022	HCO3	2,854	NO3	2,327	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,039	Ba	0,000	SO4	0,039	F	0,007	B	0,010	pH	5,9
										TDS	7,88 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,21 mg/l	TDS	464,7 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 38. 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	2,8	1,9	1,39	0,7	12,6	15,6	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,172	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,652	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,041	NH4	0,033	HCO3	4,255	NO3	3,435	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	3,025	Ba	0,000	SO4	0,059	F	0,011	B	0,010	pH	6,1
										TDS	11,69 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,96 mg/l	TDS	460,8 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 39. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	2,1	1,5	1,04	0,52	9,3	11,5	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,229	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,866	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,055	NH4	0,043	HCO3	5,647	NO3	4,513	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	3,994	Ba	0,000	SO4	0,078	F	0,015	B	0,010	pH	6,2
TDS										15,45	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,72	mg/l	TDS	457,1	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,29				

Imagen 40. 4 tubos de presión

**ESPA4-LD4040**

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	4,2	3,1	2,08	1,04	20	23,3	1,11

**Permeate Concentration**

Ca	0,107	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,409	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,026	NH4	0,021	HCO3	2,667	NO3	2,177	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,906	Ba	0,000	SO4	0,037	F	0,007	B	0,010	pH	5,9
TDS										7,37	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,24	mg/l	TDS	465,2	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30				

Imagen 41. 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	2,8	2,2	1,39	0,69	13,4	15,3	1,11

**Permeate Concentration**

Ca	0,161	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,610	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,039	NH4	0,031	HCO3	3,981	NO3	3,220	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,833	Ba	0,000	SO4	0,055	F	0,010	B	0,010	pH	6,0
TDS										10,95	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,01	mg/l	TDS	461,6	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30				

Imagen 42. 3 tubos de presión



**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	2,1	1,7	1,04	0,52	10	11,4	1,11

**Permeate Concentration**

Ca	0,214	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,811	P04	0,000	C02	6,163
Mg	0,051	NH4	0,040	HCO3	5,287	N03	4,237	Si02	0,000	C03	0,000
Na	3,745	Ba	0,000	S04	0,073	F	0,014	B	0,010	pH	6,2
										TDS	14,48 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,79 mg/l	TDS	458,1 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,29		

Imagen 43. 4 tubos de presión

### ESPA-2540

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	5	6,6	6,1	0,83	0,42	24,6	25,8	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,237	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,144	P04	0,000	C02	6,163
Mg	0,057	NH4	0,007	HCO3	1,685	N03	1,158	Si02	0,000	C03	0,000
Na	0,788	Ba	0,000	S04	0,032	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
										TDS	4,12 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,35 mg/l	TDS	468,4 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 44. 5 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	6	5,5	5,1	0,69	0,35	20,5	21,4	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,284	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,172	P04	0,000	C02	6,163
Mg	0,068	NH4	0,008	HCO3	2,020	N03	1,386	Si02	0,000	C03	0,000
Na	0,944	Ba	0,000	S04	0,038	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
										TDS	4,93 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,28 mg/l	TDS	467,6 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 45. 6 tubos de presión

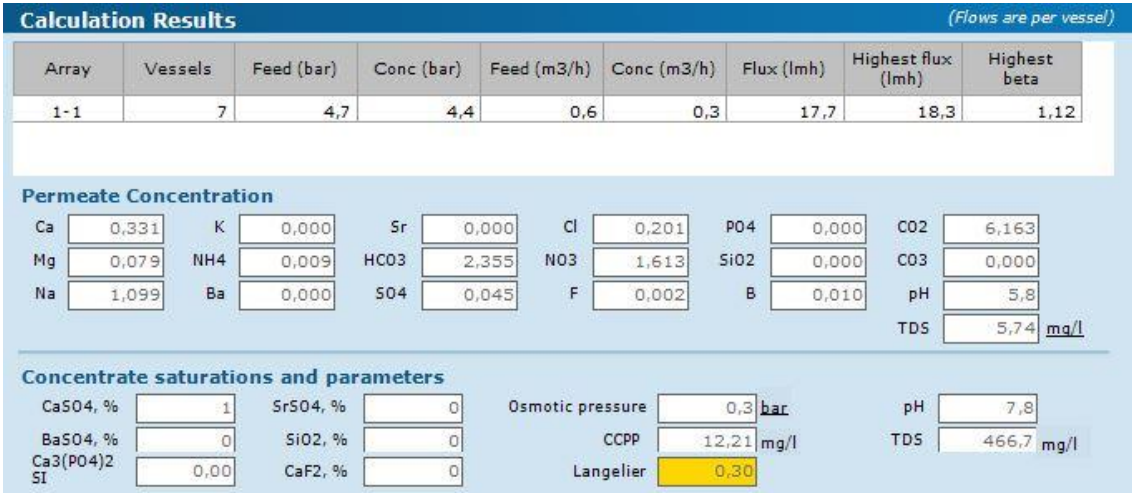


Imagen 46. 7 tubos de presión

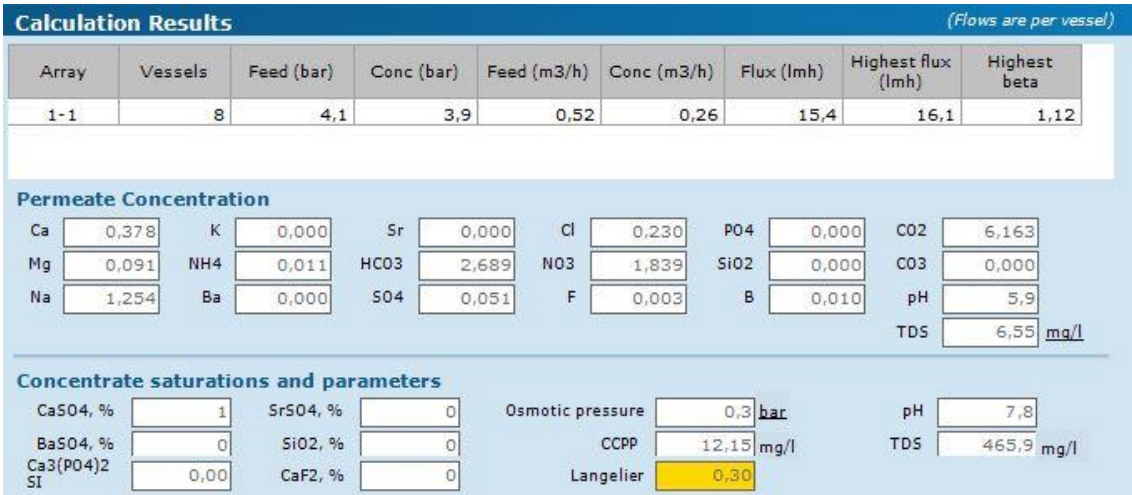


Imagen 47. 8 tubos de presión

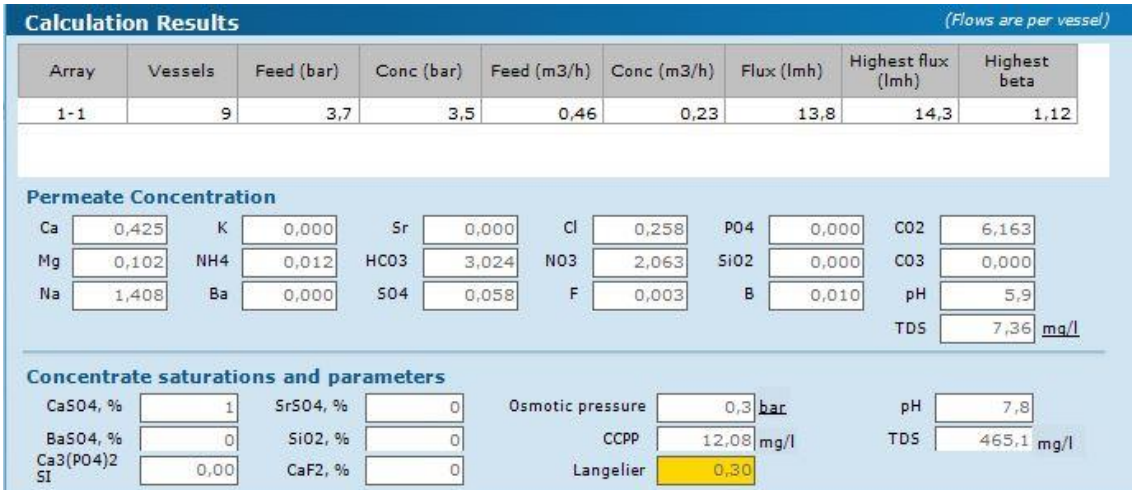


Imagen 48. 9 tubos de presión

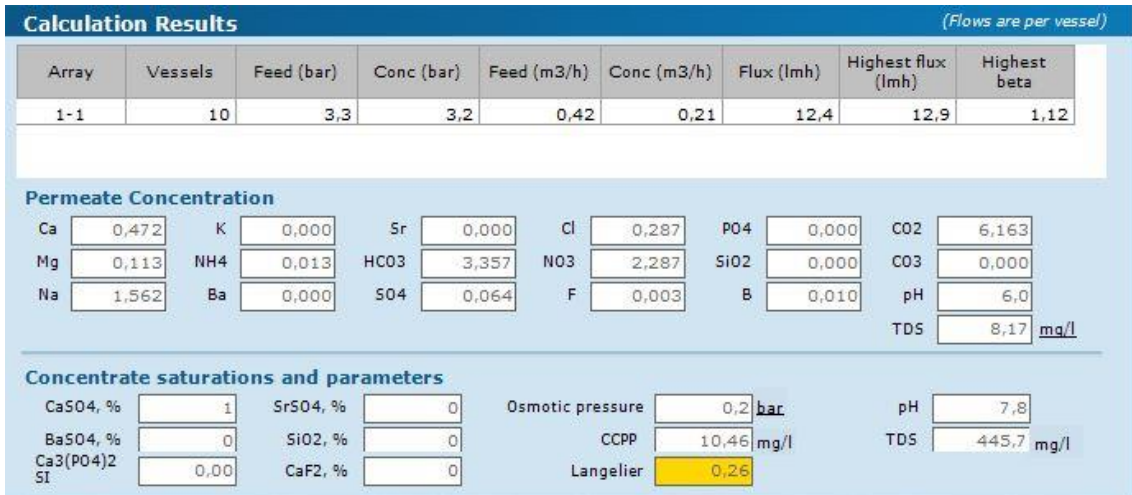


Imagen 49. 10 tubos de presión

**SanRO-HS2-4**

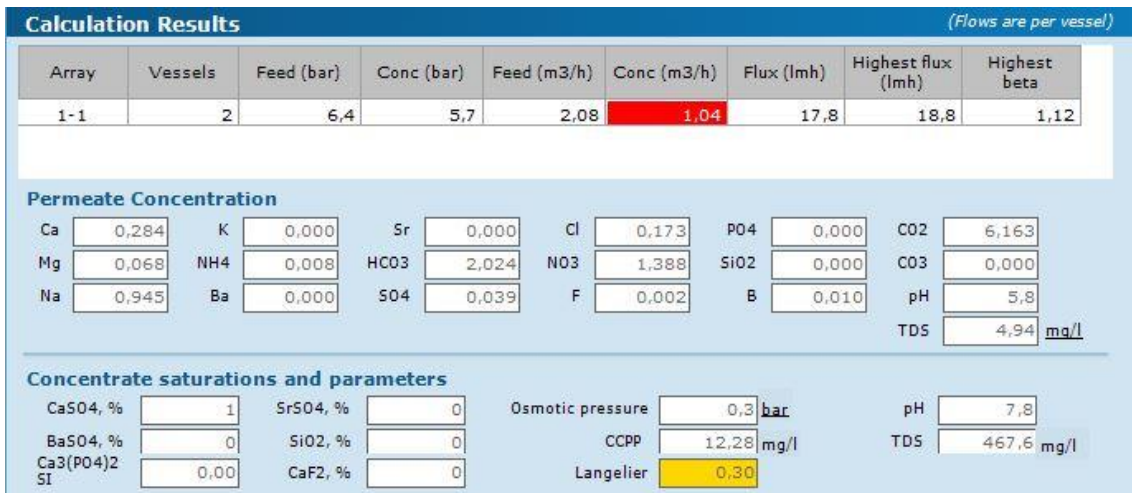


Imagen 50. 2 tubos de presión

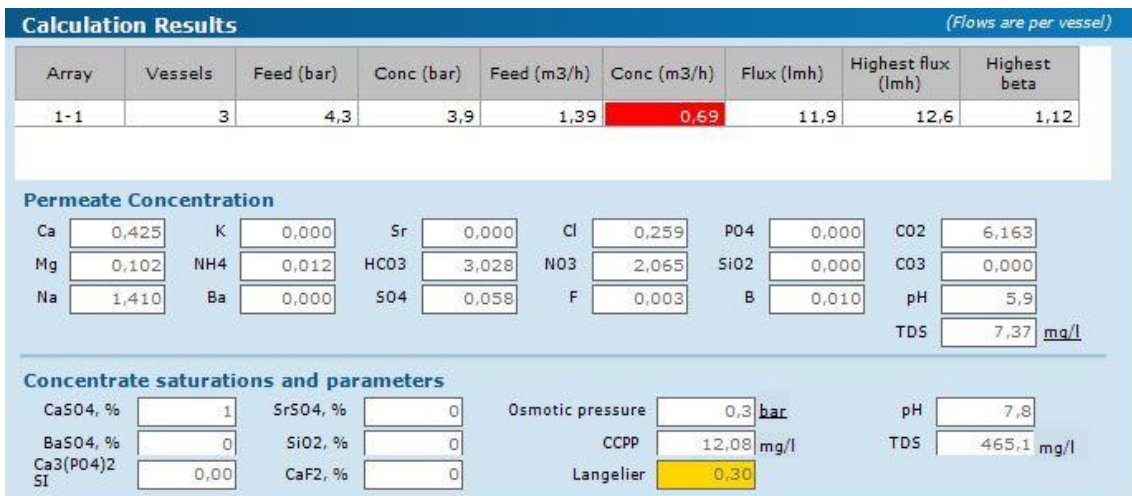


Imagen 51. 3 tubos de presión

**ANEXO II. Resultados simulación 50% conversión con una etapa y seis elementos de membrana.**

**CPA2-4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	10,1	8,7	2,08	1,04	21,9	23,8	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,225	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,137	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,054	NH4	0,006	HCO3	1,602	NO3	1,102	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,749	Ba	0,000	SO4	0,031	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
										TDS	3,92 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,37 mg/l	TDS	468,5 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 52. 2 tubos de presión

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,7	5,9	1,39	0,7	14,6	15,6	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,337	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,205	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,081	NH4	0,010	HCO3	2,398	NO3	1,641	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,119	Ba	0,000	SO4	0,046	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
										TDS	5,85 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,20 mg/l	TDS	466,6 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 53. 3 tubos de presión

## CPA5-LD4040

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	10,5	9,5	2,08	1,04	23,3	24,4	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,109"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,066"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,026"/>	NH4	<input type="text" value="0,003"/>	HCO3	<input type="text" value="0,934"/>	NO3	<input type="text" value="0,374"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,364"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,015"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,005"/>	pH	<input type="text" value="5,4"/>
										TDS	<input type="text" value="1,90"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,51"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="470,6"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,31"/>		

*Imagen 54. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	7	6,5	1,39	0,7	15,6	16,3	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,163"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,099"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,039"/>	NH4	<input type="text" value="0,005"/>	HCO3	<input type="text" value="1,399"/>	NO3	<input type="text" value="0,559"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,544"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,022"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,007"/>	pH	<input type="text" value="5,6"/>
										TDS	<input type="text" value="2,84"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,42"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="469,6"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,31"/>		

*Imagen 55.3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	5,3	4,9	1,04	0,52	11,7	12,2	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,217"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,133"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,052"/>	NH4	<input type="text" value="0,006"/>	HCO3	<input type="text" value="1,864"/>	NO3	<input type="text" value="0,744"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,725"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,030"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,009"/>	pH	<input type="text" value="5,7"/>
										TDS	<input type="text" value="3,78"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,33"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="468,7"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,31"/>		

*Imagen 56. 4 tubos de presión*

## CPA-4040E

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,8	5,9	1,39	0,7	19,2	20,5	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,335"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,204"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,081"/>	NH4	<input type="text" value="0,009"/>	HCO3	<input type="text" value="2,386"/>	NO3	<input type="text" value="1,633"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,113"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,045"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,8"/>
										TDS	<input type="text" value="5,82"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,21"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="466,6"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,30"/>		

*Imagen 57. 3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	5,1	4,5	1,04	0,52	14,4	15,3	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,446"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,271"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,107"/>	NH4	<input type="text" value="0,013"/>	HCO3	<input type="text" value="3,175"/>	NO3	<input type="text" value="2,164"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,478"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,061"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="7,73"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,05"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="464,7"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,30"/>		

*Imagen 58. 4 tubos de presión*

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	5,2	4,4	1,39	0,7	14,6	16,0	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,220"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,133"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,053"/>	NH4	<input type="text" value="0,006"/>	HCO3	<input type="text" value="1,564"/>	NO3	<input type="text" value="1,076"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,732"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,030"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,6"/>
										TDS	<input type="text" value="3,82"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,37"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="468,6"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input style="background-color: yellow;" type="text" value="0,31"/>		

*Imagen 59. 3 tubos de presión*

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,9	3,3	1,04	0,52	11	11,9	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,292	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,178	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,070	NH4	0,008	HCO3	2,082	NO3	1,428	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,972	Ba	0,000	SO4	0,040	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
										TDS	5,08 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,27 mg/l	TDS	467,4 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 60. 4 tubos de presión

### ESPA2-LD4040

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,2	6,3	2,08	1,04	23,3	25,0	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,168	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,102	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,040	NH4	0,005	HCO3	1,195	NO3	0,824	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,560	Ba	0,000	SO4	0,023	F	0,001	B	0,009	pH	5,5
										TDS	2,93 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,45 mg/l	TDS	469,5 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 61. 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	4,8	4,3	1,39	0,7	15,6	16,6	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,251	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,153	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,060	NH4	0,007	HCO3	1,789	NO3	1,229	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,836	Ba	0,000	SO4	0,034	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
										TDS	4,37 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,33 mg/l	TDS	468,1 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 62. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,6	3,3	1,04	0,52	11,7	12,4	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	0,335	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,203	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,080	NH4	0,009	HCO3	2,382	NO3	1,631	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,112	Ba	0,000	SO4	0,045	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
										TDS	5,81 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,21 mg/l	TDS	466,7 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 63.4 tubos de presión

### ESPA4-4040

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	4,7	3,3	2,08	1,04	21,9	26,1	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,098	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,375	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,024	NH4	0,019	HCO3	2,443	NO3	1,998	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,748	Ba	0,000	SO4	0,034	F	0,006	B	0,010	pH	5,8
										TDS	6,75 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,28 mg/l	TDS	465,8 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 64. 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	3,1	2,3	1,39	0,69	14,6	17,1	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,147	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,559	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,035	NH4	0,028	HCO3	3,647	NO3	2,958	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,599	Ba	0,000	SO4	0,050	F	0,009	B	0,010	pH	6,0
										TDS	10,04 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,07 mg/l	TDS	462,5 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 65. 3 tubos de presión



**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	2,3	1,8	1,04	0,52	11	12,7	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,196	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,743	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,047	NH4	0,037	HCO3	4,844	NO3	3,896	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	3,437	Ba	0,000	S04	0,067	F	0,013	B	0,010	pH	6,1
									TDS	13,29 mg/l	

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,86 mg/l	TDS	459,3 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 66. 4 tubos de presión

### ESPA4-LD4040

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	4,6	3,7	2,08	1,04	23,3	26,1	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,092	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,351	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,022	NH4	0,018	HCO3	2,286	NO3	1,872	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,637	Ba	0,000	S04	0,031	F	0,006	B	0,010	pH	5,8
									TDS	6,33 mg/l	

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,30 mg/l	TDS	466,2 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 67. 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	3,1	2,6	1,39	0,69	15,6	17,3	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,137	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,524	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,033	NH4	0,026	HCO3	3,417	NO3	2,776	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,437	Ba	0,000	S04	0,047	F	0,009	B	0,010	pH	6,0
									TDS	9,42 mg/l	

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,10 mg/l	TDS	463,1 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 68. 3 tubos de presión

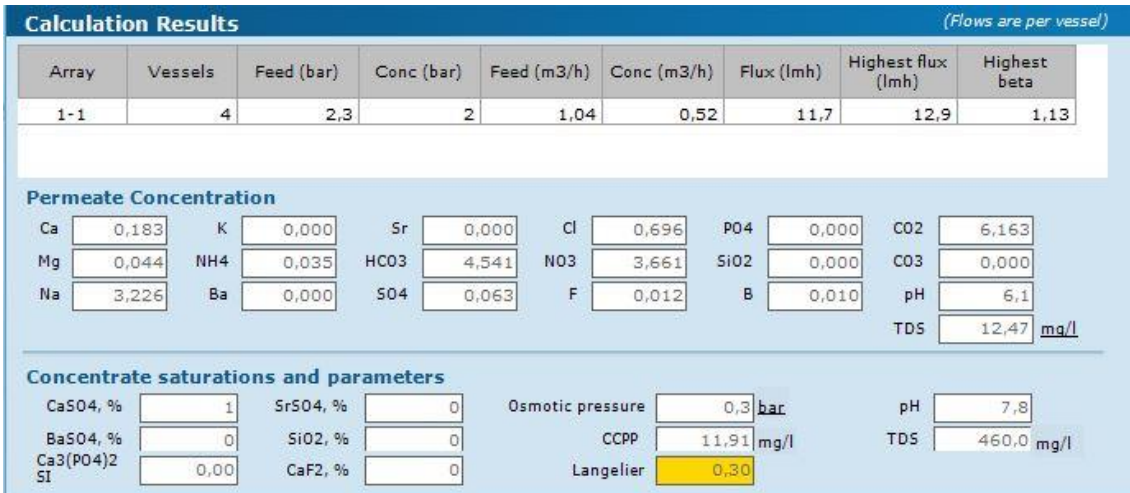


Imagen 69. 4 tubos de presión

### ESPA-2540

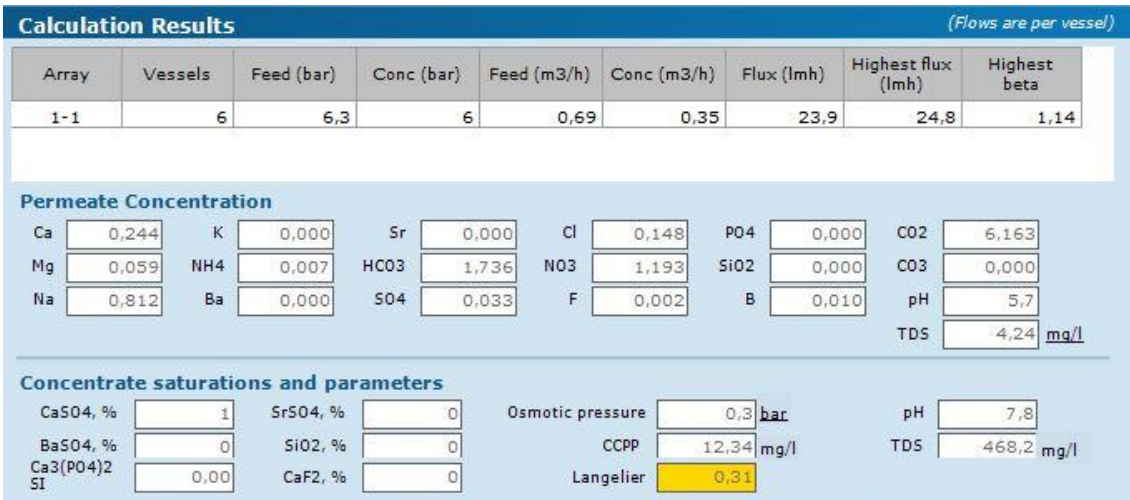


Imagen 70. 6 tubos de presión

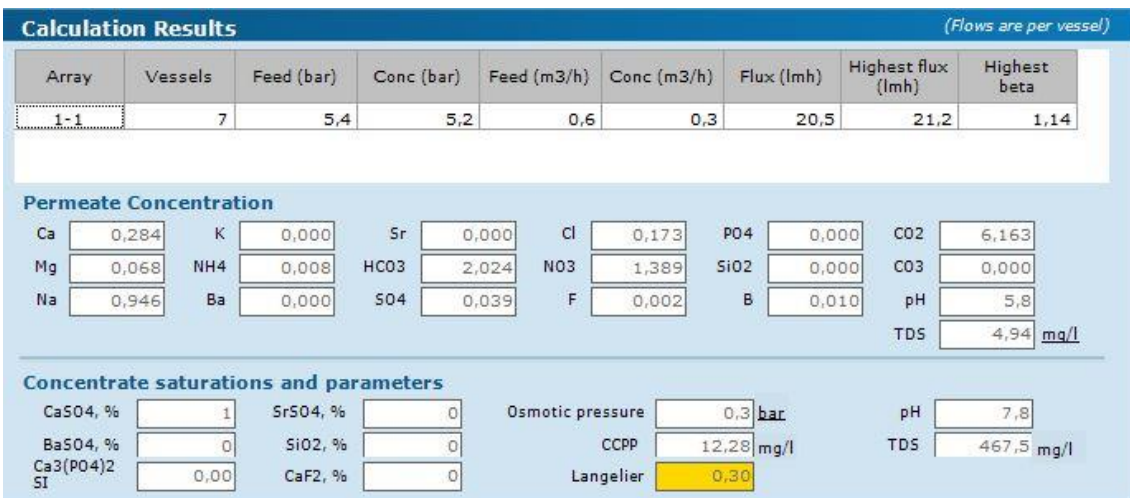


Imagen 71. 7 tubos de presión

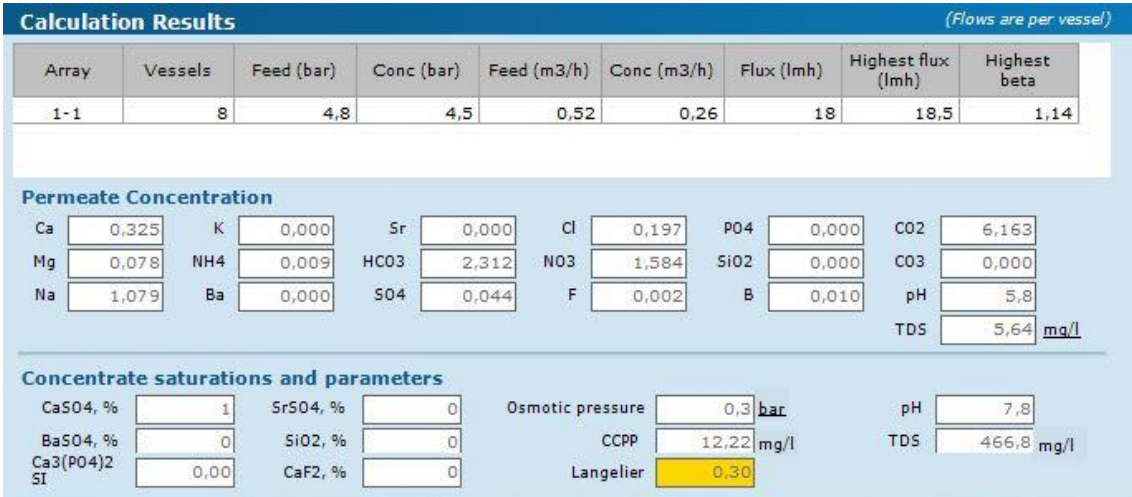


Imagen 72. 8 tubos de presión

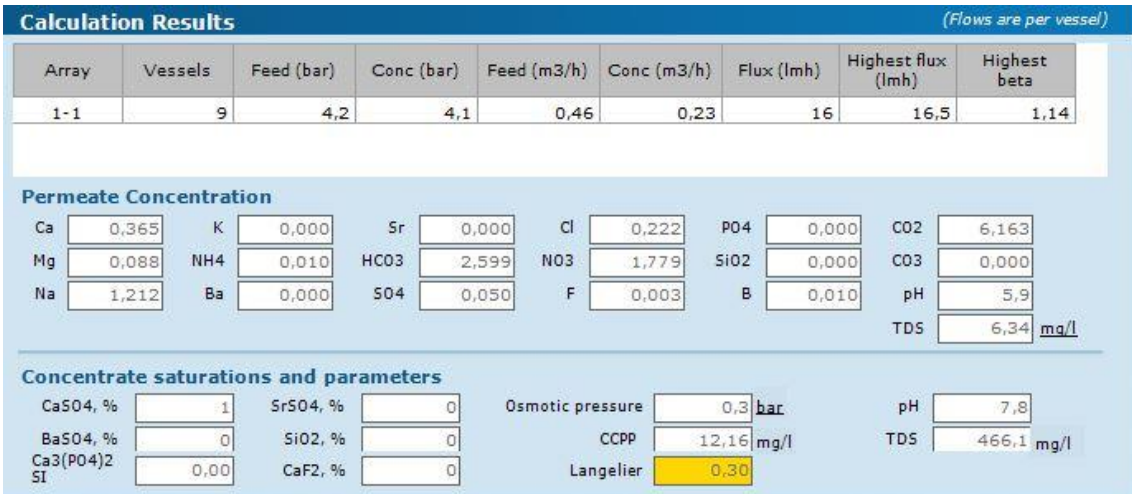


Imagen 73. 9 tubos de presión

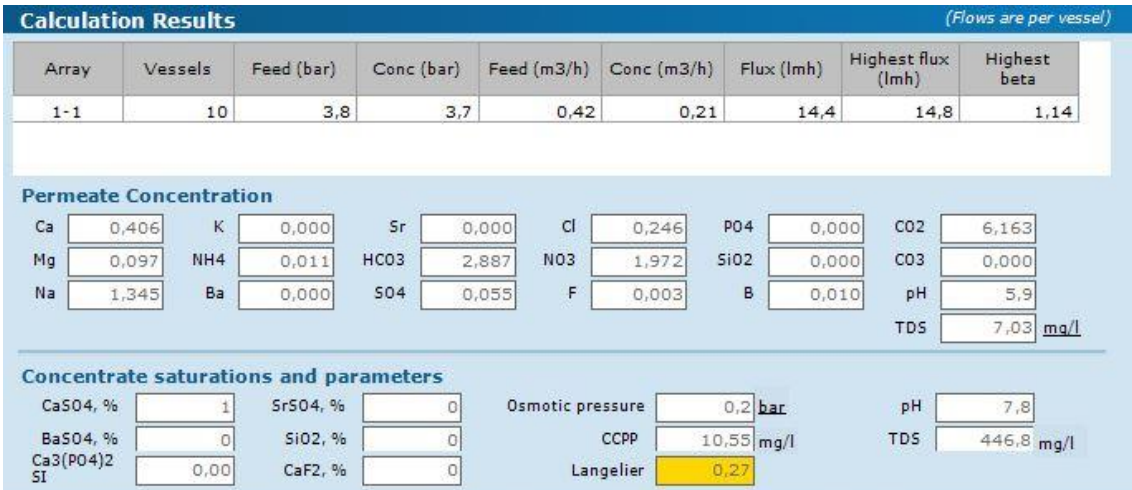


Imagen 74. 10 tubos de presión

## SanRO-HS2-4

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,3	6,8	2,08	1,04	20,7	21,7	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,244"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,148"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,059"/>	NH4	<input type="text" value="0,007"/>	HCO3	<input type="text" value="1,738"/>	NO3	<input type="text" value="1,194"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,812"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,033"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,7"/>
										TDS	<input type="text" value="4,25"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,34"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="468,2"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	0,31		

*Imagen 75. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	4,9	4,6	1,39	0,7	13,8	14,4	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,366"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,222"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,088"/>	NH4	<input type="text" value="0,010"/>	HCO3	<input type="text" value="2,602"/>	NO3	<input type="text" value="1,779"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,213"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,050"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="6,34"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,16"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="466,1"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	0,30		

*Imagen 76. 3 tubos de presión*



Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,5	3	1,04	0,66	7,3	8,0	1,07
1-2	2	2,8	2,1	1,32	1,04	5,3	6,1	1,03

Permeate Concentration											
Ca	0,383	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,233	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,092	NH4	0,011	HCO3	3,273	NO3	1,301	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,269	Ba	0,000	SO4	0,052	F	0,003	B	0,010	pH	6,0
TDS 6,63 mg/l											

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,26 mg/l	TDS	467,3 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 79. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### CPA-4040E

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,3	5,5	2,08	1,27	19,2	22,1	1,07
1-2	1	5,2	2,3	2,54	2,08	10,9	14,9	1,03

Permeate Concentration											
Ca	0,398	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,242	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,096	NH4	0,011	HCO3	2,835	NO3	1,934	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,320	Ba	0,000	SO4	0,054	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS 6,90 mg/l											

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,12 mg/l	TDS	465,7 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 80. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,6	2,9	1,04	0,64	9,5	10,7	1,07
1-2	2	2,6	1,5	1,28	1,04	5,8	7,3	1,03

Permeate Concentration											
Ca	0,789	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,480	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,190	NH4	0,022	HCO3	5,611	NO3	3,763	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,587	Ba	0,000	SO4	0,108	F	0,006	B	0,010	pH	6,2
TDS 13,57 mg/l											

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,42 mg/l	TDS	458,3 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,29		

Imagen 81. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6	4,1	2,08	1,24	15,3	18,2	1,10
1-2	1	3,9	1,1	2,47	2,08	7	11,2	1,03

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,264"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,160"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,063"/>	NH4	<input type="text" value="0,007"/>	HCO3	<input type="text" value="1,877"/>	N03	<input type="text" value="1,288"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,877"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,036"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,7"/>
										TDS	<input type="text" value="4,58"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,69"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="470,4"/> mg/l
Ca3(PO4)2	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,31"/>		
SI	<input type="text" value="0,00"/>						

*Imagen 82. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	2,9	2,2	1,04	0,63	7,5	8,7	1,07
1-2	2	2	0,9	1,25	1,04	3,7	5,4	1,03

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,522"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,318"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,126"/>	NH4	<input type="text" value="0,015"/>	HCO3	<input type="text" value="3,717"/>	N03	<input type="text" value="2,522"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,725"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,071"/>	F	<input type="text" value="0,004"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="6,0"/>
										TDS	<input type="text" value="9,03"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,12"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="464,7"/> mg/l
Ca3(PO4)2	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,30"/>		
SI	<input type="text" value="0,00"/>						

*Imagen 83. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión*

## ESPA2-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,1	4	2,08	1,28	15,4	17,5	1,07
1-2	1	3,8	1,9	2,56	2,08	9,2	12,1	1,03

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,298"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,181"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,072"/>	NH4	<input type="text" value="0,008"/>	HCO3	<input type="text" value="2,122"/>	N03	<input type="text" value="1,454"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,991"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,040"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,8"/>
										TDS	<input type="text" value="5,18"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,74"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="470,4"/> mg/l
Ca3(PO4)2	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,31"/>		
SI	<input type="text" value="0,00"/>						

*Imagen 84. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

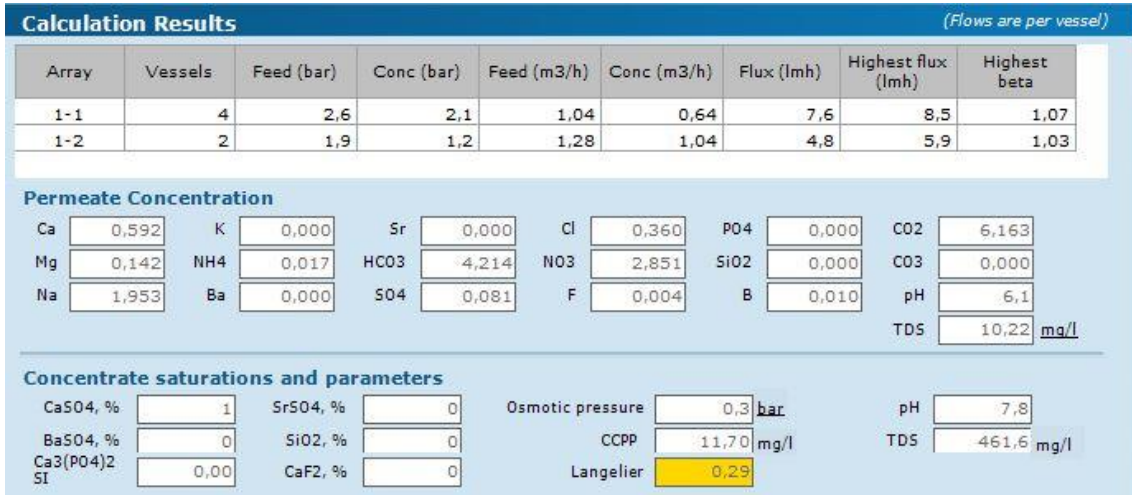


Imagen 85. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### ESPA4-4040

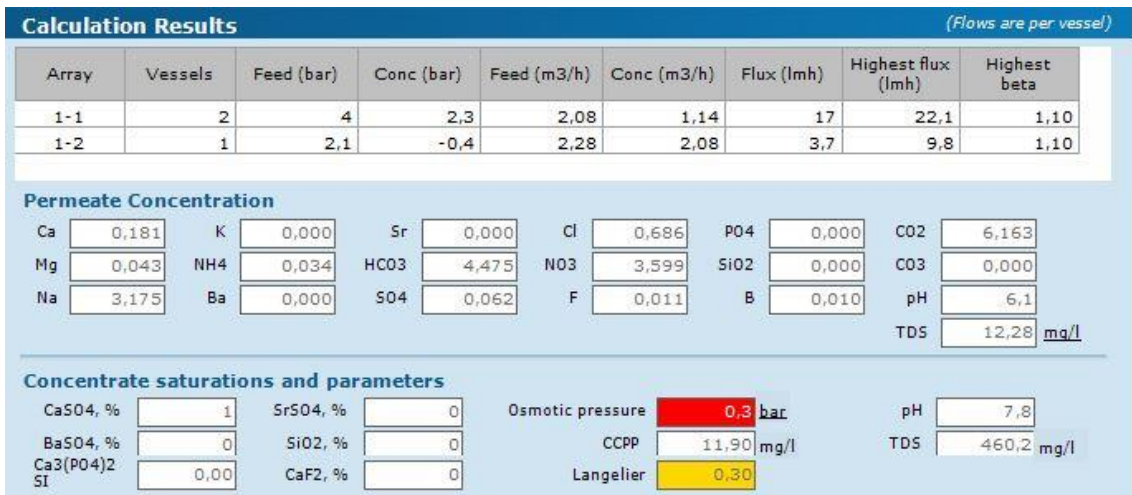


Imagen 86. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

### ESPA4-LD4040

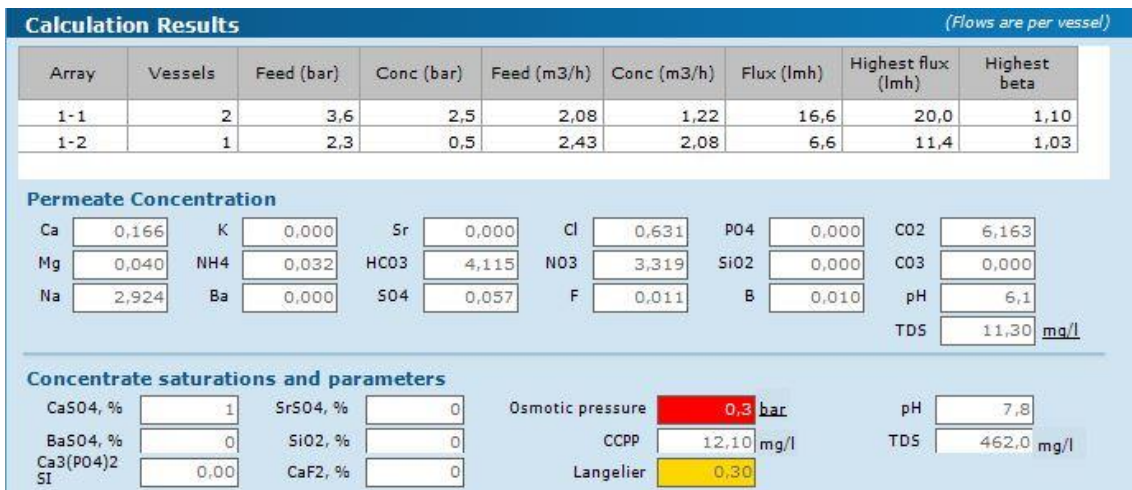


Imagen 87. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión



**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	1,8	1,4	1,04	0,61	8,3	9,7	1,10
1-2	2	1,1	0,5	1,22	1,04	3,6	5,3	1,03

**Permeate Concentration**

Ca	0,332	K	0,000	Sr	0,000	Cl	1,243	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,080	NH4	0,060	HCO3	8,109	NO3	6,342	SiO2	0,000	CO3	0,001
Na	5,672	Ba	0,000	SO4	0,112	F	0,020	B	0,010	pH	6,4
TDS										21,98	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,2	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,20	mg/l	TDS	450,1
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,28			

Imagen 88. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### ESPA-2540

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	6,1	5,3	1,04	0,67	22,2	23,8	1,07
1-2	2	5,1	4	1,33	1,04	17,3	19,5	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,285	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,173	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,068	NH4	0,008	HCO3	2,029	NO3	1,392	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,948	Ba	0,000	SO4	0,039	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
TDS										4,95	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,37	mg/l	TDS	468,2
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31			

Imagen 89. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	6	4,1	3,6	0,69	0,44	14,8	15,6	1,07
1-2	3	3,4	2,8	0,89	0,69	11,5	12,7	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,427	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,259	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,102	NH4	0,012	HCO3	3,036	NO3	2,069	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,413	Ba	0,000	SO4	0,058	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS										7,39	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,16	mg/l	TDS	465,8
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30			

Imagen 90. 1ªetapa: 6 tubos de presión 2ªetapa: 3 tubos de presión

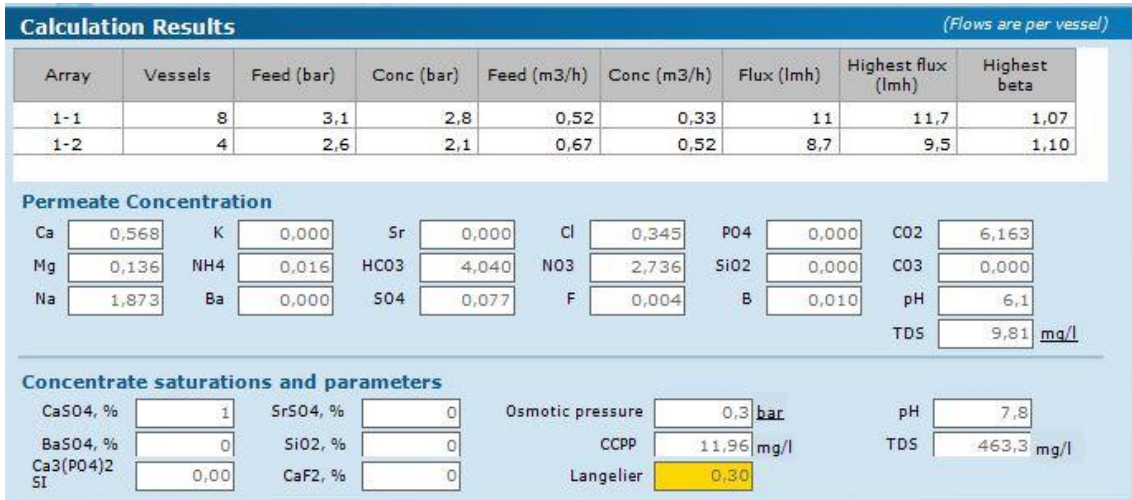


Imagen 91. 1ªetapa: 8 tubos de presión 2ªetapa: 4 tubos de presión

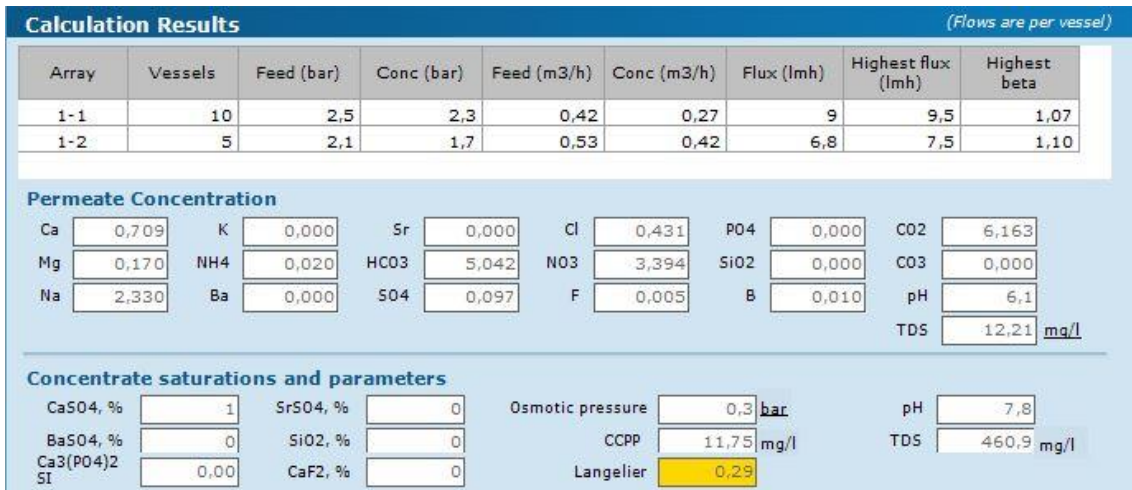


Imagen 92. 1ªetapa: 10 tubos de presión 2ªetapa: 5 tubos de presión

### SanRO-HS2-4

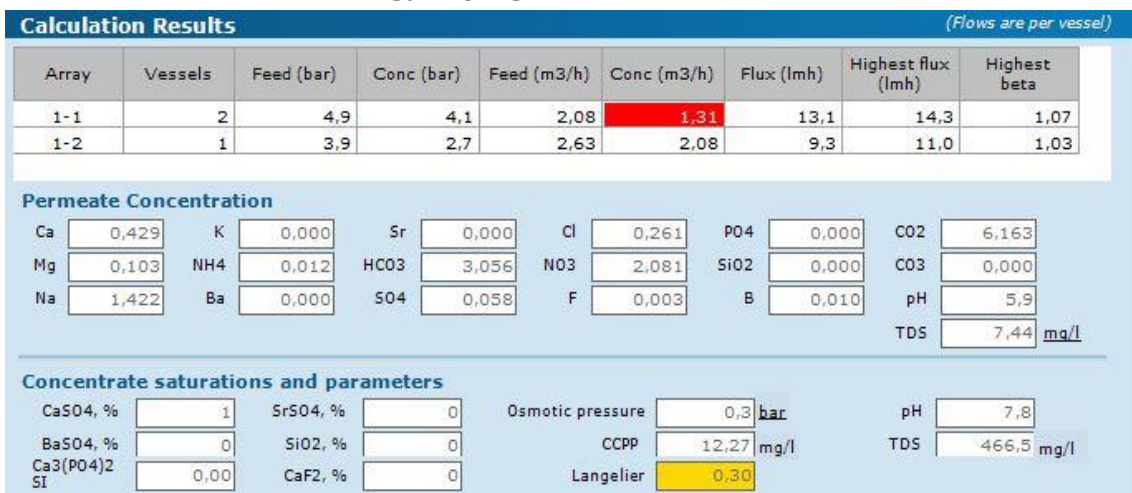


Imagen 93. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

**ANEXO IV. Resultados simulación 50% conversión con dos etapas y seis elementos de membrana.**

**CPA2-4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,9	6,3	2,08	1,3	16,6	18,3	1,08
1-2	1	6,1	3,5	2,6	2,08	10,9	13,6	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,341	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,207	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,082	NH4	0,010	HCO3	2,427	NO3	1,660	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,132	Ba	0,000	SO4	0,046	F	0,003	B	0,010	pH	5,8
										TDS	5,92 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,53 mg/l	TDS	468,7 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 94. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

**CPA5-LD4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,8	6,8	2,08	1,33	16,8	18,0	1,08
1-2	1	6,5	4,9	2,66	2,08	13,1	14,8	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,164	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,100	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,039	NH4	0,005	HCO3	1,405	NO3	0,562	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,547	Ba	0,000	SO4	0,022	F	0,001	B	0,007	pH	5,6
										TDS	2,85 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,52 mg/l	TDS	470,4 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 95. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

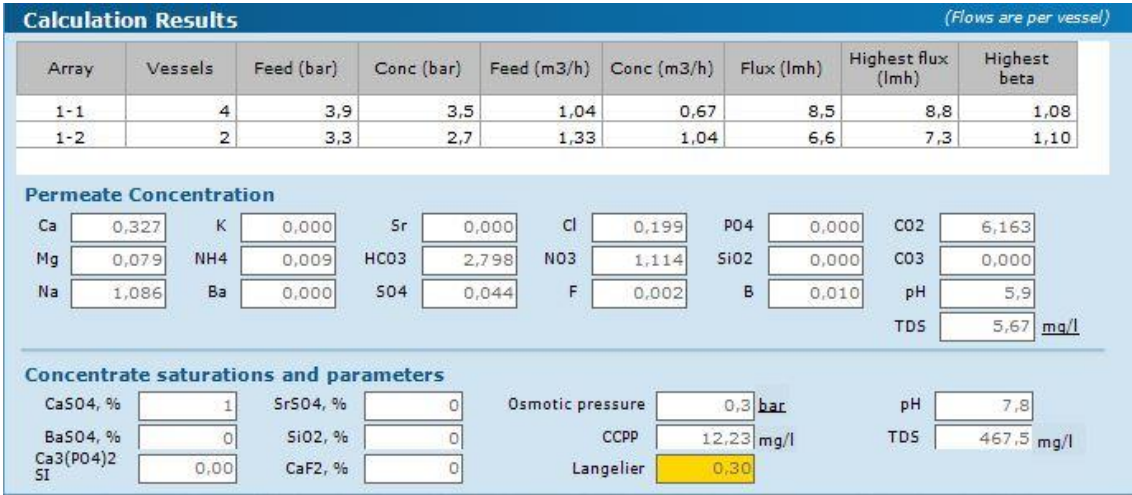


Imagen 96. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

**CPA-4040E**

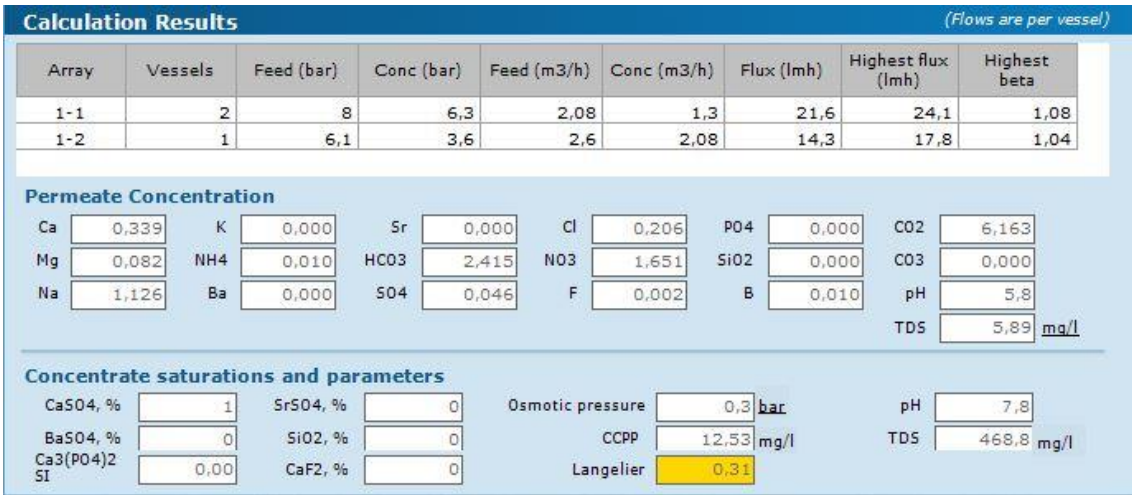


Imagen 97. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

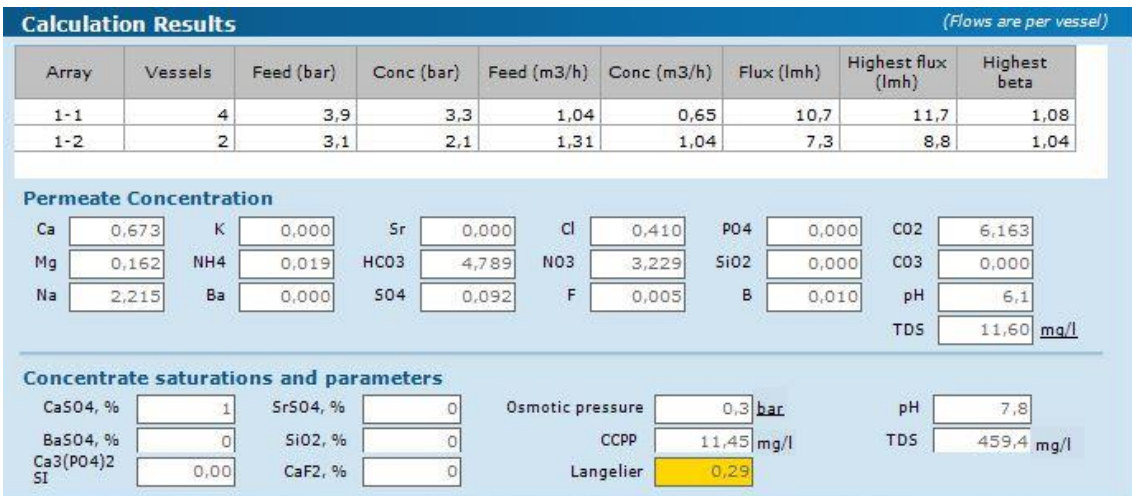


Imagen 98. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6,4	4,8	2,08	1,27	17,1	19,5	1,08
1-2	1	4,6	2	2,54	2,08	9,7	13,2	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,224	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,136	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,054	NH4	0,006	HCO3	1,593	NO3	1,095	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,745	Ba	0,000	S04	0,030	F	0,002	B	0,010	pH	5,6
TDS <b>3,90 mg/l</b>											

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,38 mg/l	TDS	468,8 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 99. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,1	2,5	1,04	0,64	8,5	9,5	1,08
1-2	2	2,3	1,3	1,28	1,04	5,1	6,5	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,444	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,270	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,107	NH4	0,012	HCO3	3,163	NO3	2,154	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,471	Ba	0,000	S04	0,060	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS <b>7,70 mg/l</b>											

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,53 mg/l	TDS	467,9 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

Imagen 100. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

## ESPA2-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,6	4,6	2,08	1,3	17,5	19,2	1,08
1-2	1	4,4	2,8	2,61	2,08	11,9	14,4	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,254	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,154	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,061	NH4	0,007	HCO3	1,808	NO3	1,241	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,845	Ba	0,000	S04	0,034	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
TDS <b>4,42 mg/l</b>											

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,04 mg/l	TDS	466,5 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30		

Imagen 101. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

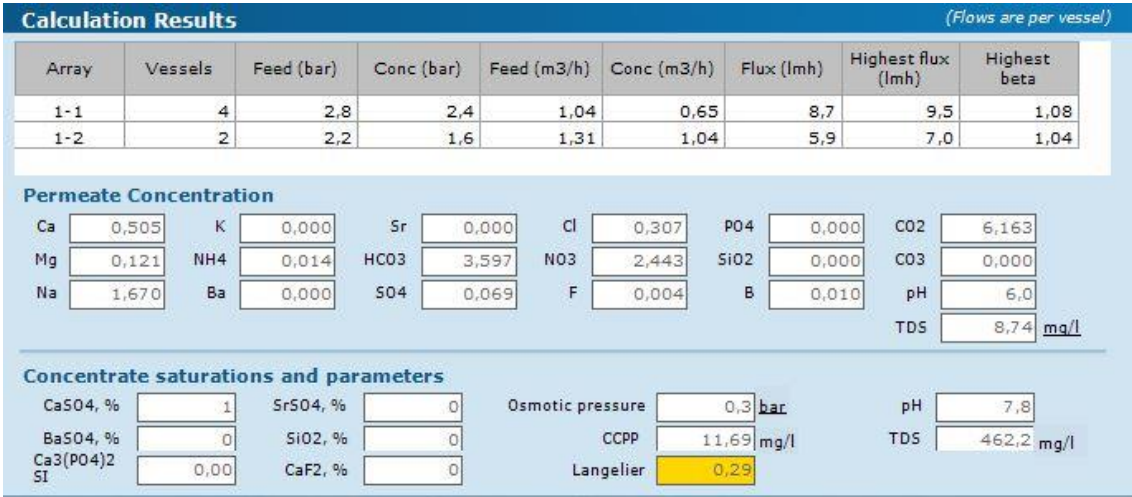


Imagen 102. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### ESPA4-4040

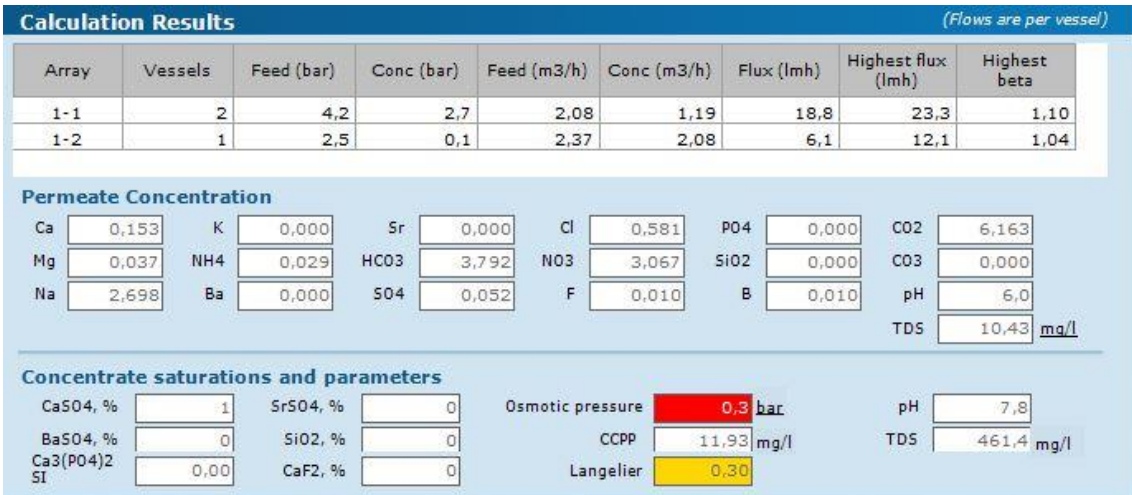


Imagen 103. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

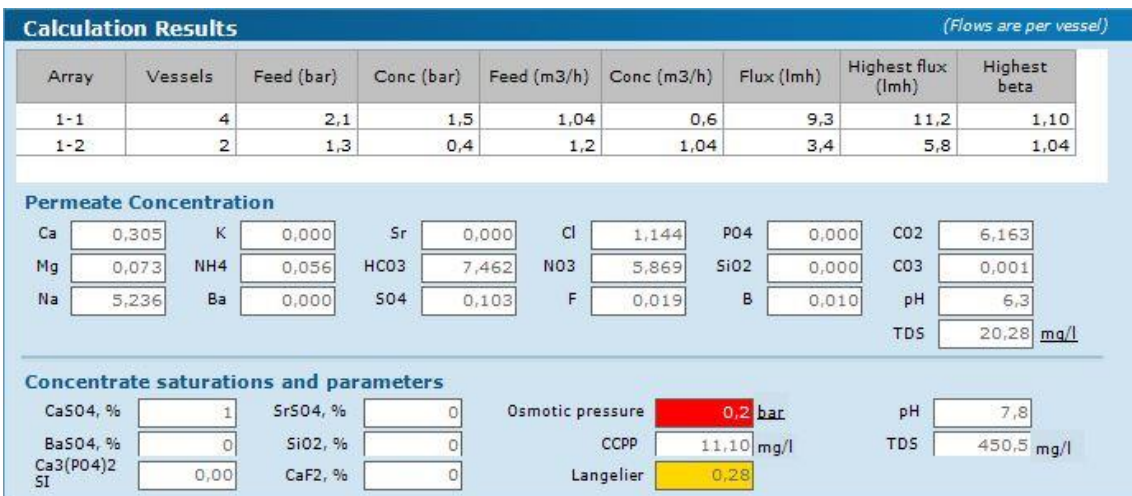


Imagen 104. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

## ESPA4-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	3,9	2,9	2,08	1,25	18,7	21,6	1,09
1-2	1	2,6	1,1	2,51	2,08	9,5	13,6	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,141	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,536	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,034	NH4	0,027	HCO3	3,495	NO3	2,833	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	2,489	Ba	0,000	SO4	0,048	F	0,009	B	0,010	pH	6,0
TDS										9,62	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,27	mg/l	TDS	464,1
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30			

*Imagen 105. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	1,9	1,5	1,04	0,63	9,3	10,5	1,09
1-2	2	1,3	0,7	1,26	1,04	4,9	6,5	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,282	K	0,000	Sr	0,000	Cl	1,059	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,068	NH4	0,052	HCO3	6,907	NO3	5,456	SiO2	0,000	CO3	0,001
Na	4,857	Ba	0,000	SO4	0,096	F	0,018	B	0,010	pH	6,3
TDS										18,80	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	11,68	mg/l	TDS	454,9
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,29			

*Imagen 106. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión*

## ESPA-2540

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	6,8	6,2	1,04	0,67	25,5	26,7	1,08
1-2	2	6	5	1,35	1,04	21	22,9	1,10

**Permeate Concentration**

Ca	0,244	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,148	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,059	NH4	0,007	HCO3	1,736	NO3	1,193	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,812	Ba	0,000	SO4	0,033	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
TDS										4,24	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,33	mg/l	TDS	468,4
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31			

*Imagen 107. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión*

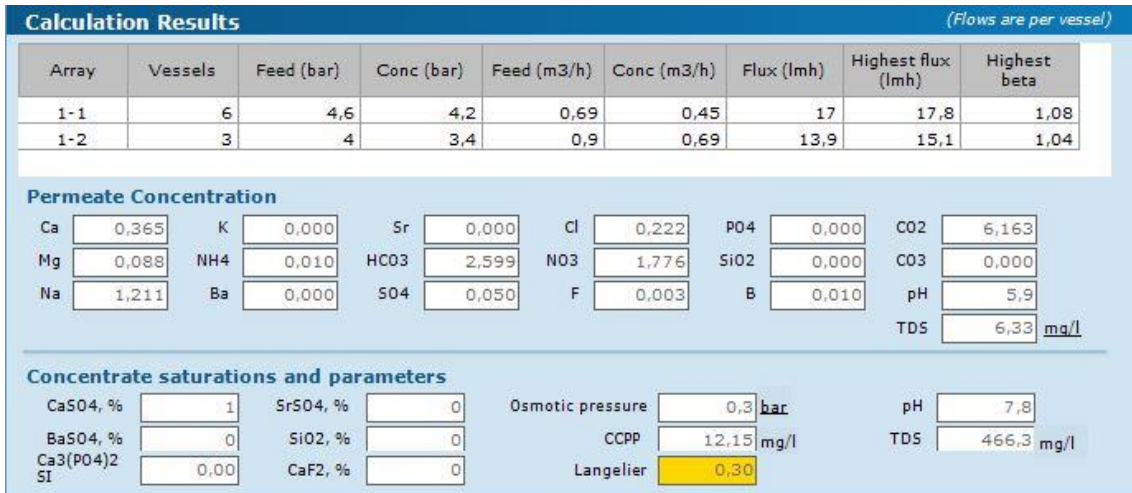


Imagen 108. 1ªetapa: 6 tubos de presión 2ªetapa: 3 tubos de presión

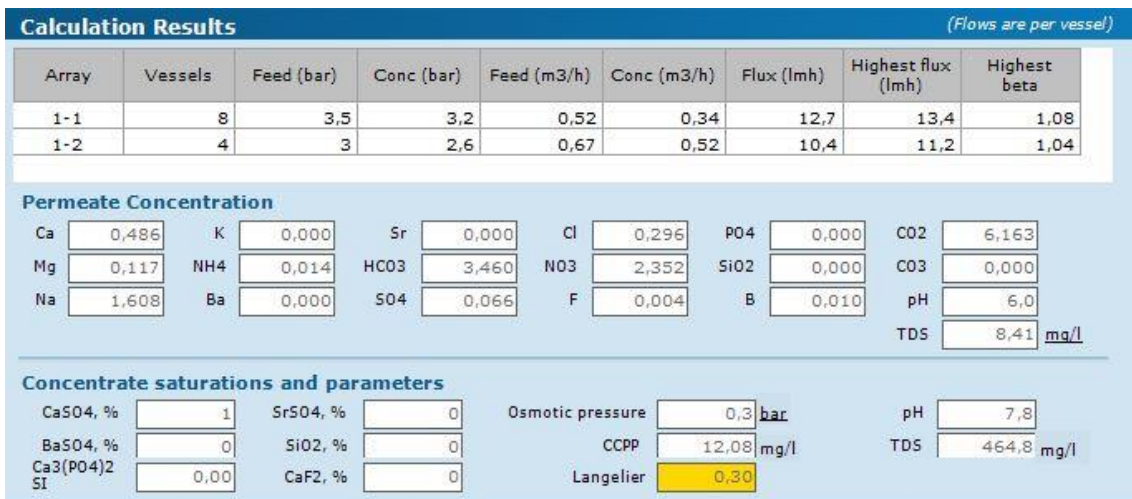


Imagen 109. 1ªetapa: 8 tubos de presión 2ªetapa: 4 tubos de presión

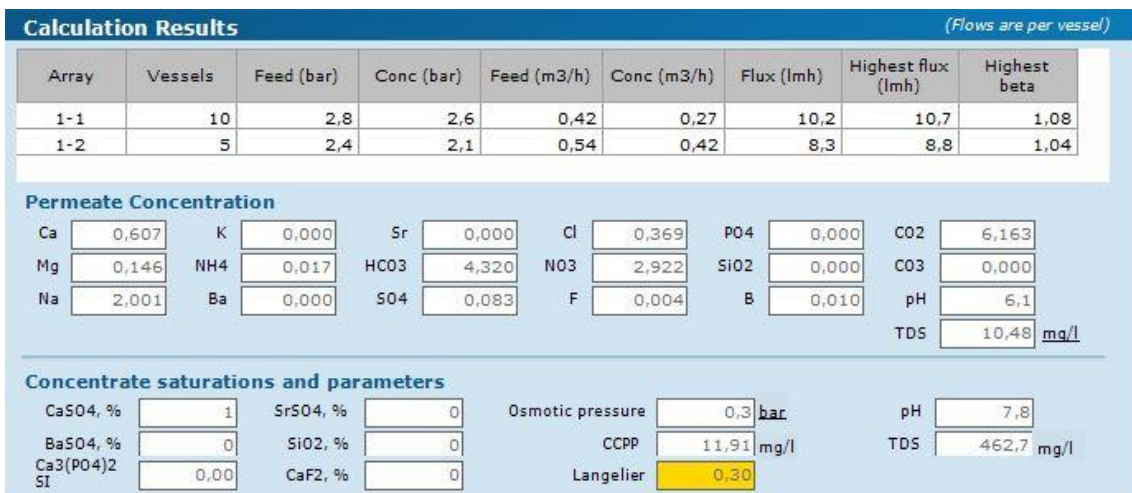


Imagen 110. 1ªetapa: 10 tubos de presión 2ªetapa: 5 tubos de presión



## SanRO-HS2-4

Calculation Results									(Flows are per vessel)
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta	
1-1	2	5,5	4,8	2,08	1,33	14,9	16,0	1,08	
1-2	1	4,6	3,6	2,66	2,08	11,5	13,1	1,10	

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,367"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,223"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,088"/>	NH4	<input type="text" value="0,010"/>	HCO3	<input type="text" value="2,611"/>	NO3	<input type="text" value="1,784"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,217"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,050"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="6,36"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,25"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="466,8"/> mg/l
Ca3(PO4)2	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,30"/>		
SI							

*Imagen 111. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

Calculation Results									(Flows are per vessel)
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta	
1-1	4	2,8	2,5	1,04	0,66	7,5	8,0	1,08	
1-2	2	2,3	1,9	1,33	1,04	5,8	6,3	1,10	

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,730"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,445"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,176"/>	NH4	<input type="text" value="0,020"/>	HCO3	<input type="text" value="5,195"/>	NO3	<input type="text" value="3,493"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="2,399"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,099"/>	F	<input type="text" value="0,005"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="6,2"/>
										TDS	<input type="text" value="12,57"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="11,72"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="460,6"/> mg/l
Ca3(PO4)2	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,29"/>		
SI							

*Imagen 112. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión*

**ANEXO V. Resultados simulación 75% conversión con una etapa y siete elementos de membrana.**

**CPA2-4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	5,7	5,3	0,93	0,23	12,6	13,4	1,35

**Permeate Concentration**

Ca	0,482	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,293	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,116	NH4	0,013	HCO3	3,428	NO3	2,308	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,584	Ba	0,000	SO4	0,066	F	0,004	B	0,010	pH	6,0
										TDS	8,30 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	89,86 mg/l	TDS	919,8 mg/l
Ca3(P04)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15		

*Imagen 113. 3 tubos de presión*

**CPA5-LD4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	8,9	8,4	1,39	0,35	20	20,9	1,36

**Permeate Concentration**

Ca	0,156	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,095	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,038	NH4	0,004	HCO3	1,339	NO3	0,534	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,520	Ba	0,000	SO4	0,021	F	0,001	B	0,006	pH	5,6
										TDS	2,72 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	92,04 mg/l	TDS	936,5 mg/l
Ca3(P04)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,16		

*Imagen 114. 2 tubos de presión*

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6	5,7	0,93	0,23	13,4	13,9	1,35

**Permeate Concentration**

Ca	0,234	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,143	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,056	NH4	0,007	HCO3	2,006	NO3	0,798	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,778	Ba	0,000	SO4	0,032	F	0,002	B	0,009	pH	5,7
TDS										4,07	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	91,38	mg/l	TDS	932,4	mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15				

Imagen 115. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	4,5	4,4	0,69	0,17	10	10,5	1,35

**Permeate Concentration**

Ca	0,313	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,190	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,075	NH4	0,009	HCO3	2,672	NO3	1,061	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,035	Ba	0,000	SO4	0,043	F	0,002	B	0,010	pH	5,9
TDS										5,41	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	2	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	74,09	mg/l	TDS	821,6	mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	1	Langelier	1,05				

Imagen 116. 4 tubos de presión

**CPA-4040E**

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	5,8	5,3	0,93	0,23	16,5	17,5	1,35

**Permeate Concentration**

Ca	0,480	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,292	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,115	NH4	0,013	HCO3	3,410	NO3	2,296	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,576	Ba	0,000	SO4	0,065	F	0,004	B	0,010	pH	6,0
TDS										8,26	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	89,88	mg/l	TDS	919,9	mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15				

Imagen 117. 3 tubos de presión

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6,6	5,8	1,39	0,35	18,8	20,4	1,34

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,211"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,128"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,051"/>	NH4	<input type="text" value="0,006"/>	HCO3	<input type="text" value="1,499"/>	NO3	<input type="text" value="1,026"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,699"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,029"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,6"/>
										TDS	<input type="text" value="3,66"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="91,74"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="933,1"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	<input type="text" value="1,16"/>		

*Imagen 118. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	4,4	4	0,93	0,23	12,6	13,6	1,34

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,316"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,192"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,076"/>	NH4	<input type="text" value="0,009"/>	HCO3	<input type="text" value="2,245"/>	NO3	<input type="text" value="1,528"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,044"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,043"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,8"/>
										TDS	<input type="text" value="5,46"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="91,07"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="928,3"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	<input type="text" value="1,15"/>		

*Imagen 119. 3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,3	3,1	0,69	0,17	9,3	10,2	1,34

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,420"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,256"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,101"/>	NH4	<input type="text" value="0,012"/>	HCO3	<input type="text" value="2,991"/>	NO3	<input type="text" value="2,022"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,386"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,057"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="7,26"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="2"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="73,72"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="817,1"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="1"/>	Langelier	<input type="text" value="1,04"/>		

*Imagen 120. 4 tubos de presión*

## ESPA2-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6,4	5,3	2,08	1,04	20	22,1	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,195"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,119"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,047"/>	NH4	<input type="text" value="0,006"/>	HCO3	<input type="text" value="1,392"/>	NO3	<input type="text" value="0,959"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,652"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,026"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,6"/>
										TDS	<input type="text" value="3,41"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,41"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="469,1"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,31"/>		

*Imagen 121. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	4,3	3,7	1,39	0,69	13,4	14,6	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,293"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,178"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,070"/>	NH4	<input type="text" value="0,008"/>	HCO3	<input type="text" value="2,084"/>	NO3	<input type="text" value="1,429"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,973"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,040"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,8"/>
										TDS	<input type="text" value="5,09"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,27"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="467,4"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,30"/>		

*Imagen 122. 3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,2	2,8	1,04	0,52	10	10,9	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,390"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,237"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,094"/>	NH4	<input type="text" value="0,011"/>	HCO3	<input type="text" value="2,774"/>	NO3	<input type="text" value="1,895"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,293"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,053"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="6,76"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,13"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="465,8"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	<input type="text" value="0,30"/>		

*Imagen 123. 4 tubos de presión*

**ANEXO VI. Resultados simulación 75% conversión con una etapa y seis elementos de membrana.**

**CPA2-4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	9,8	9,1	1,39	0,35	21,9	23,1	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	0,277	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,168	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,067	NH4	0,008	HCO3	1,971	NO3	1,344	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,917	Ba	0,000	SO4	0,038	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
										TDS	4,80 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	91,33 mg/l	TDS	930,1 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15		

*Imagen 124. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,6	6,2	0,93	0,23	14,6	15,4	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	0,415	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,252	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,100	NH4	0,012	HCO3	2,949	NO3	1,994	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,366	Ba	0,000	SO4	0,056	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
										TDS	7,16 mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,33 mg/l	TDS	923,1 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15		

*Imagen 125. 3 tubos de presión*

## CPA5-LD4040

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	10,3	9,9	1,39	0,35	23,4	24,1	1,42

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,134"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,082"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,032"/>	NH4	<input type="text" value="0,004"/>	HCO3	<input type="text" value="1,152"/>	NO3	<input type="text" value="0,460"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,448"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,018"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,006"/>	pH	<input type="text" value="5,5"/>
										TDS	<input type="text" value="2,34"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="92,22"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="937,6"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	1,16		

*Imagen 126. 2 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,9	6,7	0,93	0,23	15,6	16,1	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,202"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,123"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,048"/>	NH4	<input type="text" value="0,006"/>	HCO3	<input type="text" value="1,726"/>	NO3	<input type="text" value="0,688"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,670"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,027"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,008"/>	pH	<input type="text" value="5,7"/>
										TDS	<input type="text" value="3,50"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="91,65"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="934,1"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	1,16		

*Imagen 127. 3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	5,2	5,1	0,69	0,17	11,7	12,1	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,269"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,164"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,065"/>	NH4	<input type="text" value="0,008"/>	HCO3	<input type="text" value="2,299"/>	NO3	<input type="text" value="0,914"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,892"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,037"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,009"/>	pH	<input type="text" value="5,8"/>
										TDS	<input type="text" value="4,66"/> <u>mg/l</u>

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="2"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="74,40"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="823,6"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="1"/>	Langelier	1,05		

*Imagen 128. 4 tubos de presión*

## CPA-4040E

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	6,6	6,2	0,93	0,23	19,2	20,0	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,412"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,251"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,099"/>	NH4	<input type="text" value="0,012"/>	HCO3	<input type="text" value="2,934"/>	NO3	<input type="text" value="1,984"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,359"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,056"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="7,12"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="90,34"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="923,2"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	1,15		

*Imagen 129. 3 tubos de presión*

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	5	4,7	0,69	0,17	14,4	15,1	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,549"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,334"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,132"/>	NH4	<input type="text" value="0,015"/>	HCO3	<input type="text" value="3,902"/>	NO3	<input type="text" value="2,618"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,800"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,075"/>	F	<input type="text" value="0,004"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="6,0"/>
										TDS	<input type="text" value="9,44"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="2"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,4"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="72,94"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="811,5"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="1"/>	Langelier	1,04		

*Imagen 130. 4 tubos de presión*

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right; font-weight: normal;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,5	6,8	1,39	0,35	21,9	23,4	1,41

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,181"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,110"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,043"/>	NH4	<input type="text" value="0,005"/>	HCO3	<input type="text" value="1,288"/>	NO3	<input type="text" value="0,884"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,602"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	SO4	<input type="text" value="0,025"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,009"/>	pH	<input type="text" value="5,6"/>
										TDS	<input type="text" value="3,15"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="92,02"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="935,1"/> mg/l
Ca3(PO4)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	1,16		

*Imagen 131. 2 tubos de presión*



**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	3	5	4,7	0,93	0,23	14,6	15,6	1,40

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,271"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,165"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,065"/>	NH4	<input type="text" value="0,008"/>	HCO3	<input type="text" value="1,930"/>	NO3	<input type="text" value="1,317"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,899"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,037"/>	F	<input type="text" value="0,002"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,7"/>
										TDS	<input type="text" value="4,70"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="3"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="91,36"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="930,4"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="3"/>	Langelier	1,15		

Imagen 132. 3 tubos de presión

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,8	3,6	0,69	0,17	11	11,7	1,40

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,361"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,220"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,087"/>	NH4	<input type="text" value="0,010"/>	HCO3	<input type="text" value="2,571"/>	NO3	<input type="text" value="1,745"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="1,194"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,049"/>	F	<input type="text" value="0,003"/>	B	<input type="text" value="0,010"/>	pH	<input type="text" value="5,9"/>
										TDS	<input type="text" value="6,25"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="2"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,5"/> bar	pH	<input type="text" value="8,1"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="74,09"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="819,7"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="1"/>	Langelier	1,05		

Imagen 133. 4 tubos de presión

### ESPA2-LD4040

**Calculation Results** (Flows are per vessel)

Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,2	6,3	2,08	1,04	23,3	25,0	1,14

**Permeate Concentration**

Ca	<input type="text" value="0,168"/>	K	<input type="text" value="0,000"/>	Sr	<input type="text" value="0,000"/>	Cl	<input type="text" value="0,102"/>	P04	<input type="text" value="0,000"/>	CO2	<input type="text" value="6,163"/>
Mg	<input type="text" value="0,040"/>	NH4	<input type="text" value="0,005"/>	HCO3	<input type="text" value="1,195"/>	NO3	<input type="text" value="0,824"/>	SiO2	<input type="text" value="0,000"/>	CO3	<input type="text" value="0,000"/>
Na	<input type="text" value="0,560"/>	Ba	<input type="text" value="0,000"/>	S04	<input type="text" value="0,023"/>	F	<input type="text" value="0,001"/>	B	<input type="text" value="0,009"/>	pH	<input type="text" value="5,5"/>
										TDS	<input type="text" value="2,93"/> mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	<input type="text" value="1"/>	SrSO4, %	<input type="text" value="0"/>	Osmotic pressure	<input type="text" value="0,3"/> bar	pH	<input type="text" value="7,8"/>
BaSO4, %	<input type="text" value="0"/>	SiO2, %	<input type="text" value="0"/>	CCPP	<input type="text" value="12,45"/> mg/l	TDS	<input type="text" value="469,5"/> mg/l
Ca3(P04)2 SI	<input type="text" value="0,00"/>	CaF2, %	<input type="text" value="0"/>	Langelier	0,31		

Imagen 134. 2 tubos de presión

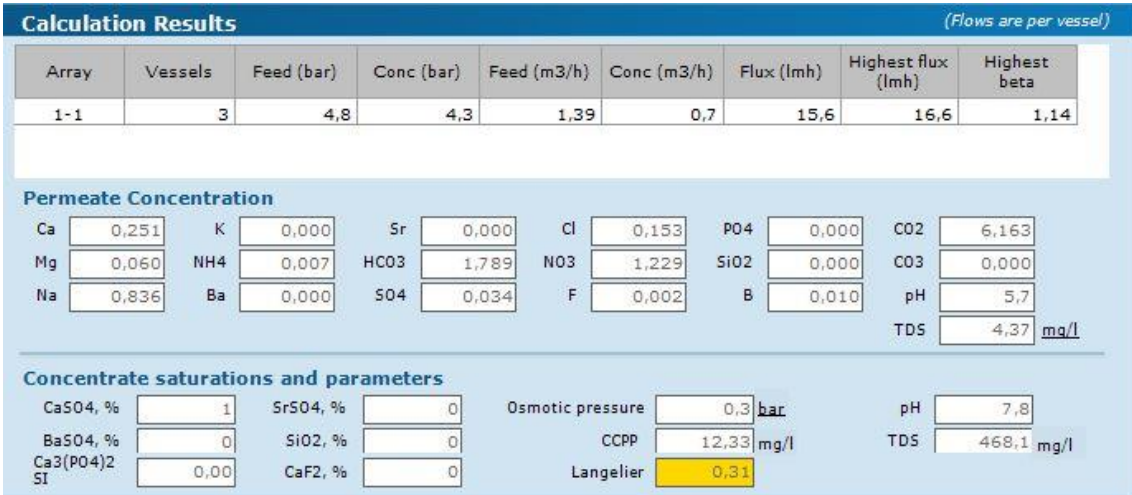


Imagen 135. 3 tubos de presión

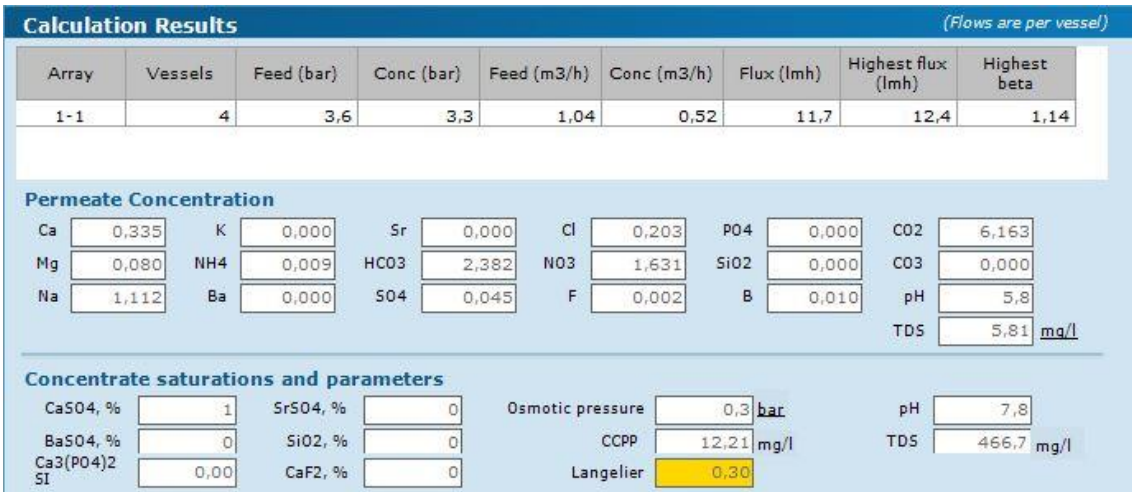


Imagen 136. 4 tubos de presión

**ANEXO VII. Resultados simulación 75% conversión con dos etapas y siete elementos de membrana.**

**CPA2-4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	6,4	5,4	1,39	0,64	13,6	14,8	1,14
1-2	1	5,2	4,3	1,27	0,69	10,5	11,7	1,10

Permeate Concentration											
Ca	0,495	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,301	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,119	NH4	0,014	HCO3	3,521	NO3	2,364	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,625	Ba	0,000	SO4	0,067	F	0,004	B	0,010	pH	6,0
TDS										8,52	mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,80 mg/l	TDS	923,8 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15		

Imagen 137. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

**CPA5-LD4040**

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,3	6,8	1,39	0,66	16,3	17,0	1,16
1-2	1	6,6	6,1	1,32	0,69	14,1	14,9	1,13

Permeate Concentration											
Ca	0,203	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,124	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,049	NH4	0,006	HCO3	1,739	NO3	0,693	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,675	Ba	0,000	SO4	0,028	F	0,001	B	0,008	pH	5,7
TDS										3,53	mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	92,14 mg/l	TDS	936,9 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,16		

Imagen 138. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

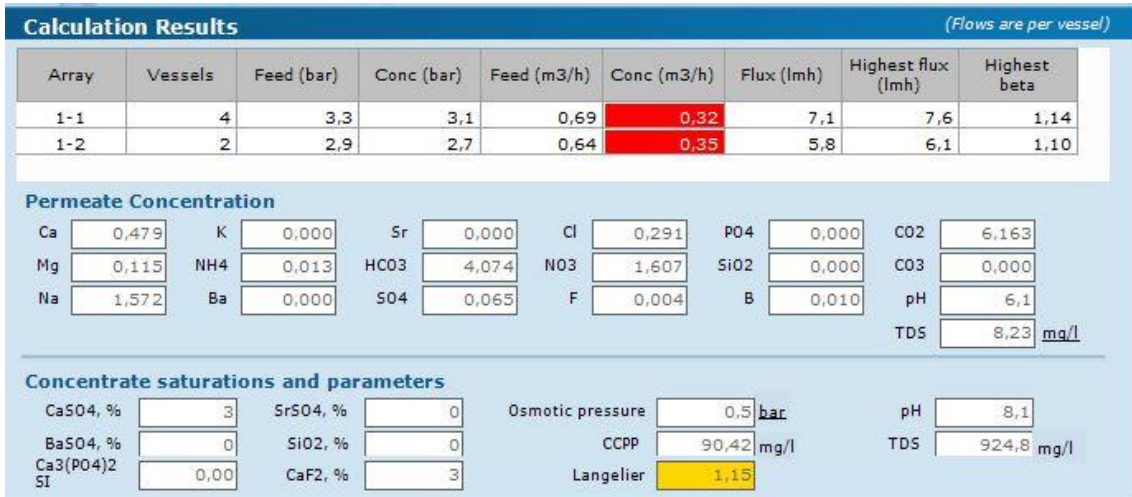


Imagen 139. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### CPA-4040E

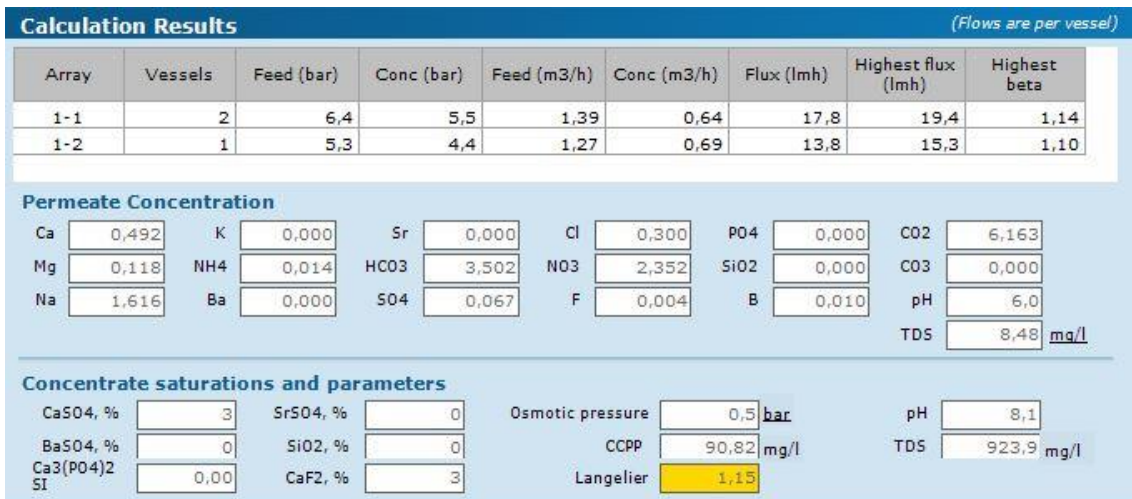


Imagen 140. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

### ESPA2-4040

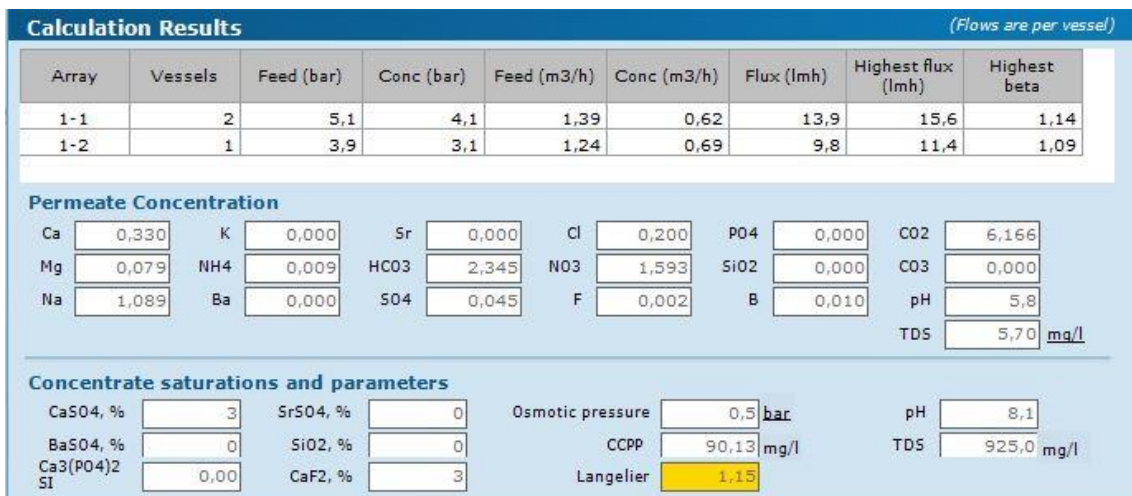


Imagen 141. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

## ESPA2-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,1	4	2,08	1,28	15,4	17,5	1,07
1-2	1	3,8	1,9	2,56	2,08	9,2	12,1	1,03

Permeate Concentration											
Ca	0,298	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,181	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,072	NH4	0,008	HCO3	2,122	NO3	1,454	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,991	Ba	0,000	SO4	0,040	F	0,002	B	0,010	pH	5,8
TDS										5,18	mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3 bar	pH	7,8
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,74 mg/l	TDS	470,4 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,31		

*Imagen 142. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

## ANEXO VIII. Resultados simulación 75% conversión con dos etapas y seis elementos de membrana.

### CPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,1	6,3	1,39	0,65	15,6	16,6	1,16
1-2	1	6,1	5,3	1,3	0,69	12,7	13,8	1,12

Permeate Concentration											
Ca	0,420	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,256	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,101	NH4	0,012	HCO3	2,990	NO3	2,018	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,384	Ba	0,000	SO4	0,057	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS										7,25	mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,95 mg/l	TDS	926,0 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15		

*Imagen 143. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión*

### CPA5-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,3	6,8	1,39	0,66	16,3	17,0	1,16
1-2	1	6,6	6,1	1,32	0,69	14,1	14,9	1,13

**Permeate Concentration**

Ca	0,203	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,124	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,049	NH4	0,006	HCO3	1,739	NO3	0,693	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,675	Ba	0,000	SO4	0,028	F	0,001	B	0,008	pH	5,7
TDS										3,53	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	92,14	mg/l	TDS	936,9
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,16			

Imagen 144. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	3,7	3,6	0,69	0,33	8,3	8,7	1,16
1-2	2	3,3	3,2	0,65	0,35	6,8	7,3	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,407	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,248	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,098	NH4	0,011	HCO3	3,471	NO3	1,373	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,341	Ba	0,000	SO4	0,055	F	0,003	B	0,010	pH	6,0
TDS										7,02	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,59	mg/l	TDS	926,7
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15			

Imagen 145. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

### CPA-4040E

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	7,2	6,4	1,39	0,65	20,4	21,7	1,16
1-2	1	6,2	5,4	1,3	0,69	16,6	18,2	1,12

**Permeate Concentration**

Ca	0,418	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,254	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,100	NH4	0,012	HCO3	2,974	NO3	2,008	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,377	Ba	0,000	SO4	0,057	F	0,003	B	0,010	pH	5,9
TDS										7,21	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,97	mg/l	TDS	926,1
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15			

Imagen 146. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

## ESPA2-4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,6	4,8	1,39	0,63	16	17,3	1,16
1-2	1	4,6	3,8	1,27	0,69	12,2	13,6	1,11

**Permeate Concentration**

Ca	0,279	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,170	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,067	NH4	0,008	HCO3	1,988	NO3	1,355	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,925	Ba	0,000	S04	0,038	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
TDS										4,84	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	90,09	mg/l	TDS	926,4	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,15				

Imagen 147. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	4	2,9	2,6	0,69	0,31	8,1	8,7	1,17
1-2	2	2,4	2,1	0,62	0,35	5,9	6,6	1,11

**Permeate Concentration**

Ca	0,558	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,339	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,134	NH4	0,015	HCO3	3,964	NO3	2,653	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	1,826	Ba	0,000	S04	0,076	F	0,004	B	0,010	pH	6,0
TDS										9,58	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5	bar	pH	8,1	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	88,53	mg/l	TDS	913,7	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,14				

Imagen 148. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión

## ESPA2-LD4040

Calculation Results <span style="float: right;">(Flows are per vessel)</span>								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta
1-1	2	5,6	4,6	2,08	1,3	17,5	19,2	1,08
1-2	1	4,4	2,8	2,61	2,08	11,9	14,4	1,04

**Permeate Concentration**

Ca	0,254	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,154	P04	0,000	CO2	6,163
Mg	0,061	NH4	0,007	HCO3	1,808	NO3	1,241	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	0,845	Ba	0,000	S04	0,034	F	0,002	B	0,010	pH	5,7
TDS										4,42	mg/l

**Concentrate saturations and parameters**

CaSO4, %	1	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,3	bar	pH	7,8	
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	12,04	mg/l	TDS	466,5	mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	0	Langelier	0,30				

Imagen 149. 1ªetapa: 2 tubos de presión 2ªetapa: 1 tubo de presión

Calculation Results									(Flows are per vessel)
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	Highest flux (lmh)	Highest beta	
1-1	4	2,7	2,5	0,69	0,32	8,5	9,0	1,17	
1-2	2	2,3	2,1	0,63	0,35	6,5	7,0	1,11	

Permeate Concentration											
Ca	0,629	K	0,000	Sr	0,000	Cl	0,383	P04	0,000	C02	6,163
Mg	0,151	NH4	0,017	HCO3	4,471	N03	2,979	Si02	0,000	C03	0,000
Na	2,053	Ba	0,000	S04	0,086	F	0,005	B	0,010	pH	6,1
										TDS	10,78 mg/l

Concentrate saturations and parameters							
CaSO4, %	3	SrSO4, %	0	Osmotic pressure	0,5 bar	pH	8,1
BaSO4, %	0	Si02, %	0	CCPP	87,58 mg/l	TDS	908,7 mg/l
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2, %	3	Langelier	1,13		

Imagen 150. 1ªetapa: 4 tubos de presión 2ªetapa: 2 tubos de presión



## 9. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.refrescantes.es/datos-economicos/>
- <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596>
- <http://fiab.es/la-industria-de-alimentacion-y-bebidas-apuesta-en-alimentaria-2018-por-la-innovacion-como-generador-de-riqueza-y-futuro/>
- <http://fiab.es/sector/>
- <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>
- <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
- <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9337/1/3754-0505547.pdf>
- <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/carbon-activado-reactivacion/>
- <http://oa.upm.es/372/1/04200104.pdf>
- <https://hera.ugr.es/tesisugr/17609513.pdf>
- <https://www.acondicionamientos.com.ar/microfiltracion/>
- <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1878/tesisUPV2361.pdf>
- <https://tratamientodeagua.co/agua-potable/la-nanofiltracion-definicion-caracteristicas-ventajas-desventajas-aplicaciones-usos/>
- <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/05/destilador-de-agua.html>
- <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-2179>
- <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/desinfeccion5.pdf>
- [http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema5.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf)
- [https://sanjanasadhvani.weebly.com/uploads/1/0/6/4/10643581/trabajo\\_electrodialisis.pdf](https://sanjanasadhvani.weebly.com/uploads/1/0/6/4/10643581/trabajo_electrodialisis.pdf)
- <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/157/1/Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20electrodi%C3%A1lisis%20en%20agua..pdf>
- <http://agua-purificacion.blogspot.com/2010/01/tratamiento-de-agua-por-rayos.html>
- <http://www.trojanuv.com/es/uv-basics>
- <https://es.climate-data.org/location/57005/>
- <http://centraldelagua.com/informaci%C3%B3n/conversi%C3%B3n-unidades-dureza/>
- <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>
- <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2012/07/23/131821>
- <http://www.luctra.com/manualOsmosis/Fundamentos.pdf>
- <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>
- [https://www.dogv.gva.es/datos/2018/01/04/pdf/2017\\_12246.pdf](https://www.dogv.gva.es/datos/2018/01/04/pdf/2017_12246.pdf)

[http://www.potermic.com/docs/catalogo\\_2017-2018/division1/Reguladores%20de%20caudal%20TACOSSETTER,%20valvulas%20de%20equilibra%20.pdf](http://www.potermic.com/docs/catalogo_2017-2018/division1/Reguladores%20de%20caudal%20TACOSSETTER,%20valvulas%20de%20equilibra%20.pdf)

<http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/ES/TarifadePreciosGrundfos2016/?Page=321>

<https://www.grainger.com/product/PENTAIR-PENTEK-Felt-Filter-Bag-4BE20>

<https://www.grainger.com/product/FULFLO-2-NPT-304-Stainless-Steel-38XL30>

[http://www.sanysum.com/epages/SanySum.sf/es\\_ES/?ObjectID=17260&ViewAction=FacetedSearchProducts&OrderBy=ListPrice&OrderDesc=1&SearchString=tuberia+inox](http://www.sanysum.com/epages/SanySum.sf/es_ES/?ObjectID=17260&ViewAction=FacetedSearchProducts&OrderBy=ListPrice&OrderDesc=1&SearchString=tuberia+inox)

[https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Instrumentos\\_Medida\\_Tarifa\\_PVP\\_SalvadorEscoda.pdf](https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Instrumentos_Medida_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf)

<https://www.boe.es/boe/dias/2017/01/18/pdfs/BOE-A-2017-542.pdf>

<https://www.iberdrola.es/negocios/luz/plan-30>