



**UNIVERSITAT JAUME I**  
**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGIA Y CIENCIAS**  
**EXPERIMENTALES**  
**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA**  
**DESALINIZADORA POR OSMOSIS INVERSA**  
**EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**AUTOR/A**

Nerea Gutiérrez Osta

**DIRECTOR/A**

Antonio Gallardo Izquierdo

Castellón, Septiembre de 2023



# RESUMEN

El trabajo final de máster se centrará en el diseño de una planta desalinizadora utilizando la tecnología de ósmosis inversa, con el objetivo de suministrar agua potable a una población equivalente de aproximadamente 180,000 personas. La ósmosis inversa es un proceso que elimina la sal y otros contaminantes del agua de mar, convirtiéndola en agua dulce apta para el consumo humano.

El diseño de la planta desalinizadora abarcará tres aspectos principales: la extracción de agua de mar, la planta de desalinización y el sistema de vertido de salmuera.

En primer lugar, se planificará un sistema de extracción de agua de mar utilizando tecnología adecuada que permita captar grandes volúmenes de agua de manera eficiente y sostenible. Se tendrán en cuenta factores como la ubicación geográfica y la calidad del agua para asegurar la efectividad del proceso.

En segundo lugar, se diseñará la planta de ósmosis inversa, la cual estará compuesta por membranas semipermeables que separarán la sal y los contaminantes del agua, dejándola purificada. El diseño buscará cumplir con la demanda de agua, garantizando la mejor calidad y asegurando el suministro continuo.

Por último, se diseñará un sistema de vertido de salmuera, que es el subproducto resultante de la desalinización. Se determinará la ubicación óptima del pozo de vertido y se implementarán medidas adecuadas para minimizar el impacto ambiental causado por la salmuera.

Adicionalmente, se trabajará en la optimización del precio del producto, buscando obtener los máximos beneficios económicos. Esto implicará evaluar los costos de operación y mantenimiento de la planta, así como la determinación de precios competitivos en el mercado del agua potable.

# **ÍNDICE GENERAL**

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

**ANEXOS**

**I MEMORIA JUSTIFICATIVA DE CÁLCULOS**

**II SIMULACIONES TORAY DS2 V3**

**III REFERENCIA CATASTRAL TERRENO**

**PRESUPUESTO**

**PLIEGO DE CONDICIONES**

**PLANOS**

**MEMORIA  
DESCRIPTIVA**

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Objetivo .....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Alcance .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Emplazamiento.....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Normativa aplicada.....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>10</b>
5.1.	Situación del agua a nivel mundial.....	10
5.2.	Distribución del agua a nivel mundial .....	11
5.3.	Situación del agua en España.....	12
5.4.	Situación de la desalinización.....	14
5.5.	Diferentes tecnologías de desalación.....	16
<b>6.</b>	<b>Justificación de la actuación .....</b>	<b>17</b>
<b>7.</b>	<b>Elección de la tecnología de desalación .....</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>Desalinización por ósmosis inversa.....</b>	<b>19</b>
8.1.	Principio de funcionamiento ósmosis inversa.....	19
8.2.	Definición proceso producción por ósmosis inversa .....	20
8.3.	Membranas de ósmosis inversa .....	21
<b>9.</b>	<b>Requisitos de diseño.....</b>	<b>26</b>
<b>10.</b>	<b>Datos de partida .....</b>	<b>26</b>
<b>11.</b>	<b>Solución adoptada .....</b>	<b>27</b>
11.1.	Descripción general de la planta .....	27
11.2.	Toma de agua de mar .....	29
11.3.	Pretratamiento .....	33
11.4.	Bastidores de membranas de ósmosis inversa .....	38
11.5.	Post tratamiento del permeado .....	44
11.6.	Almacenamiento agua potable .....	47
11.7.	Tratamiento aguas de rechazo y de limpieza .....	48
11.8.	Emisario submarino.....	50
11.9.	Equipos seleccionados a lo largo de la solución adoptada .....	51
<b>12.</b>	<b>Selección de equipos .....</b>	<b>52</b>
12.1.	Selección de tuberías .....	52
12.2.	Selección de bombas dosificadoras .....	53
12.3.	Selección de bombas principales .....	56
12.4.	Selección de depósitos.....	58
12.5.	Selección tornillo sin fin para compactación de fangos .....	59
12.6.	Selección tanques.....	60
12.7.	Selección agitador .....	61
12.8.	Selección torre de captación .....	62
12.9.	Selección turbina Pelton.....	63
<b>13.</b>	<b>Edificación .....</b>	<b>64</b>
<b>14.</b>	<b>Presupuesto .....</b>	<b>64</b>
<b>15.</b>	<b>Viabilidad económica.....</b>	<b>65</b>
15.1.	Costes fijos.....	65
15.2.	Costes variables.....	67
15.3.	Coste m <sup>3</sup> del agua.....	69
15.3.1.	Amortización a 15 años .....	69
15.4.	Herramientas financieras .....	70

15.5. Conclusiones viabilidad económica.....	70
<b>16. Conclusiones .....</b>	<b>71</b>
<b>17. Bibliografía.....</b>	<b>72</b>
17.1. Fabricantes .....	74
17.2. Programas informáticos .....	74

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1: Municipio de emplazamiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Ilustración 2: Parcela de emplazamiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Ilustración 3: Cartografía parcela .....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 4: La distribución de las fuentes de agua potable en el mundo .....</b>	<b>10</b>
<b>Ilustración 5: Distribución del agua mundial .....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 6: Estrés hídrico según WRI (izquierda actual, derecha previsión optimista 2040) .....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 7: Esquemas de funcionamiento ósmosis y ósmosis inversa .....</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 8: Módulo laminar .....</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 9: Módulo tubular .....</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 10: Módulo de arrollamiento en espiral .....</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 11: Módulo de fibras huecas.....</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 12: Módulo de arrollamiento en espiral .....</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 13: Bastidor de ósmosis inversa.....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 14: Mapa salinidad mar mediterráneo (Fundación Aquae) .....</b>	<b>26</b>
<b>Ilustración 15: Esquema toma cerrada .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 16: Esquema toma abierta .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 17: Ejemplo torre de captación de hormigón.....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 18: Ejemplo inmisario submarino, tubería de polietileno con lastres de hormigón .....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 19: Piscina de captación de una desaladora.....</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 20: Esquema tanque de flotación DAF fabricante SIGMA.....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 21: Filtro multimedia Inter Water .....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 22: Filtro vertical fabricante TREPOVI.....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 23: Membrana fabricante TORAY.....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración 24: Tubos de presión fabricante CODELINE .....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 25: Disolvedor de CO2 DRINTEC.....</b>	<b>45</b>
<b>Ilustración 26: Exterior lecho de calcita rectangular de hormigón DRINTEC.....</b>	<b>46</b>
<b>Ilustración 27: Interior lecho calcita rectangular de hormigón DRINTEC.....</b>	<b>46</b>
<b>Ilustración 28: Ejemplos de emisarios submarinos con difusores .....</b>	<b>50</b>
<b>Ilustración 29: Tubería de poliestireno .....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 30: Conjunto de bombas suministrado por DMT-systems .....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 31: Bomba dosificadora serie GM.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 32: Tabla y gráfico de las bombas serie GM Milton Roy .....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 33: Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD SULZER.....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 34: Bomba AHLSTAR A de proceso centrífugas mono etapa de aspiración axial SULZER .....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 35: Bomba MBN-RO de sección anular multietapa SULZER.....</b>	<b>56</b>

<b>Ilustración 36: Bomba NRN de proceso horizontal monoetapa de aspiración axial SULZER ...</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 37: Depósito decantación fabricante Aquadeposits .....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 38: Tornillo sin fin compactador Ddeyma .....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 39: Depósito vertical cerrado fabricante TREPOVI .....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 40: Relación a cumplir entre diámetro del tanque y del agitador según FluidMix</b>	<b>61</b>
<b>Ilustración 41: Agitador FluidMix serie VPT.....</b>	<b>61</b>
<b>Ilustración 42: Torre de captación abierta diseñada por INCREA.....</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 43: Estudio de esfuerzos en torre ante llegada de oleaje realizado por INCREA ...</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 44: Gráfico del fabricante IREM de la gama TPA de turbinas Pelton Ecowatt Hydro</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 45: Turbina Pelton fabricante IREM de la gama TPA de turbinas Pelton Ecowatt Hydro.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama 1: Proceso MSF .....</b>	<b>16</b>
<b>Diagrama 2: Proceso MED .....</b>	<b>16</b>
<b>Diagrama 3: Esquema funcionamiento electrodiálisis .....</b>	<b>17</b>
<b>Diagrama 4: Un paso con dos etapas .....</b>	<b>25</b>
<b>Diagrama 5: Dos pasos de una etapa .....</b>	<b>25</b>
<b>Diagrama 6: Dos pasos de doble etapa cada uno .....</b>	<b>25</b>
<b>Diagrama 7: Proceso productivo de la planta desaladora.....</b>	<b>28</b>
<b>Diagrama 8: Esquema del sistema de limpieza química de LENNTECH .....</b>	<b>41</b>
<b>Diagrama 9: Esquema decantador circular .....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1: Distribución de los costes fijos .....</b>	<b>66</b>
<b>Gráfico 2: Distribución de los costes fijos .....</b>	<b>69</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Subparcelas de la parcela según el catastro.....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 2: Estrés hídrico estimado para 2040 por el WRI .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 3: Principales plantas desalinizadoras de la Cuenca Mediterránea española .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 4: Comparación membranas de ósmosis inversa de PA y CA .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 5: Comparativa módulos de arrollamiento en espiral y fibra hueca .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 6: Resumen comparativa entre toma abierta y toma cerrada .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 7: Equipos necesarios para la toma de agua .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 8: Equipos necesarios pretratamiento (1/2) .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 9: Equipos necesarios pretratamiento (2/2) .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 10: Equipos necesarios ósmosis inversa.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 11: Características disolvedores de CO2 fabricante DRINTEC.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 12: Equipos necesarios post tratamiento.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 13: Equipos necesarios almacenamiento agua potable .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 14: Equipos necesarios tratamiento aguas rechazo y limpieza .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 15: Equipos necesarios vertido de salmuera.....</b>	<b>50</b>
<b>. Tabla 16: Resumen de equipos ya seleccionados .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 17: Tuberías necesarias y sus principales características.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 18: Resumen bombas dosificadoras seleccionadas .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 19: Resumen características bombas principales seleccionadas.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 20: Resumen características depósitos seleccionados.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 21: Resumen características tornillo compactador.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 22: Resumen tanques seleccionados.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 23: Resumen características agitador seleccionado .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 24: Resumen características torre de captación .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 25: Resumen selección otros equipos .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 26: Resumen PEM por capítulos.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 27: Presupuesto de contrata.....</b>	<b>64</b>
<b><i>Tabla 28: Coste anual de personal .....</i></b>	<b><i>65</i></b>
<b><i>Tabla 29: Coste anual de mantenimiento .....</i></b>	<b><i>65</i></b>
<b><i>Tabla 30: Coste potencia eléctrica contratada anual .....</i></b>	<b><i>65</i></b>
<b><i>Tabla 31: Coste anual de otros gastos .....</i></b>	<b><i>66</i></b>
<b><i>Tabla 32: Resumen costes fijos anuales .....</i></b>	<b><i>66</i></b>
<b><i>Tabla 33: Resumen de consumidores y consumo anual eléctrico de la planta .....</i></b>	<b><i>67</i></b>
<b><i>Tabla 34: Coste consumo eléctrico anual.....</i></b>	<b><i>68</i></b>
<b><i>Tabla 35: Coste anual reactivos a dosificar.....</i></b>	<b><i>68</i></b>
<b>Tabla 36: Coste anual gestión de residuos .....</b>	<b>68</b>
<b><i>Tabla 37: Resumen costes variables anuales .....</i></b>	<b><i>68</i></b>
<b>Tabla 38: Resumen costes (amortización a 15 años) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 39: Resumen resultados viabilidad económica.....</b>	<b>70</b>

## 1. Objetivo

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de una planta desalinizadora que pueda ayudar a satisfacer la demanda de agua tanto para consumo humano como para el regadío en el sector de la agricultura en la provincia de Castellón, garantizando un suministro suficiente y confiable asegurando una buena calidad del agua.

Se pretende llegar a una solución viable que minimice el daño medioambiental empleando las mejores técnicas disponibles para el tratamiento del agua y de los residuos que se generen, siempre respetando la normativa vigente. También se realizará un estudio de la viabilidad económica.

Para ello se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

1. Seleccionar un emplazamiento lo más próximo posible al mar para minimizar la energía necesaria para la captación de caudal
2. Evitar, prevenir y reducir el impacto ambiental a causa del vertido de salmuera
3. Optimizar el consumo energético
4. La planta debe ser viable económicamente a largo plazo
5. Se deben cumplir con los requisitos establecidos y desarrollados en el punto 9

## 2. Alcance

Se va a realizar:

- Diseño del sistema de captación de caudal
- Dimensionamiento y selección de las instalaciones de la planta desaladora
- Diseño del proceso productivo del agua y del sistema hidráulico para su tratamiento
- Diseño del sistema de vertido de salmuera
- Elección del emplazamiento y diseño de la distribución de elementos dentro del recinto de terreno dedicado a la construcción de la planta desaladora

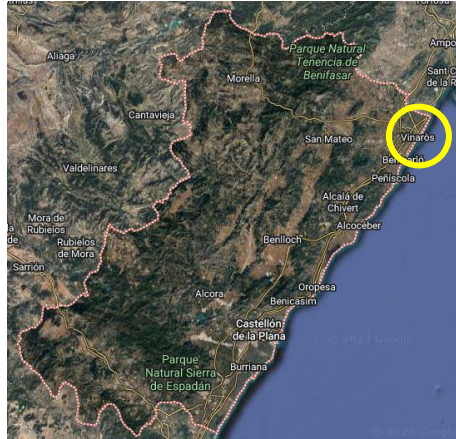
No entrarán dentro del alcance del proyecto:

- Diseño de la red de distribución del agua tratada y el bombeo de agua a la población
- Diseño de las instalaciones eléctricas necesarias para el abastecimiento energético

No se ha realizado un estudio de afección al medio acuático, para este trabajo se ha supuesto que puede verterse la salmuera sin problemas.

### 3. Emplazamiento

La planta desalinizadora se va a situar en la provincia de Castellón, concretamente en el municipio de Vinaroz al norte de la provincia.



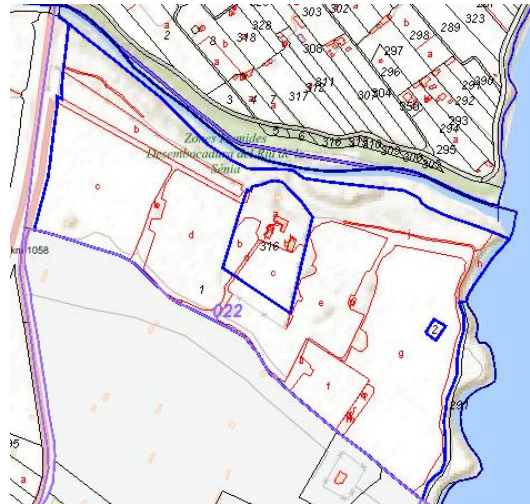
**Ilustración 1: Municipio de emplazamiento**

Se ha seleccionado una zona lo suficientemente amplia como para contener la planta, suponiendo que la planta requiere un área de unos 175000 m<sup>2</sup>.



**Ilustración 2: Parcela de emplazamiento**

Esta parcela pertenece a la referencia catastral 12138A022000010000RL que se encuentra en el Polígono 22 Parcela 1 TORRE SU/ER. VINAROS (CASTELLÓN), un terreno rústico cuyo principal uso es agrario. La parcela tiene una superficie total de 221.131 m<sup>2</sup>.



**Ilustración 3: Cartografía parcela**

La parcela se encuentra dividida en las siguientes zonas como se puede ver en la ilustración superior y son:

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m <sup>2</sup>
a	E- Pastos	00	57.687
b	NR Agrios regadío	05	8.918
c	NR Agrios regadío	05	34.004
d	NR Agrios regadío	05	24.175
e	NR Agrios regadío	05	30.963
f	NR Agrios regadío	01	9.502
g	CR Labor o labradío regadío	05	50.455
h	E- Pastos	00	2.836
i	E- Pastos	00	394
j	E- Pastos	00	523
k	I- Improductivo	00	32
l	I- Improductivo	00	32
m	I- Improductivo	00	8
n	NR Agrios regadío	05	49
p	I- Improductivo	00	65
q	I- Improductivo	00	31
r	E- Pastos	00	1.456

**Tabla 1: Subparcelas de la parcela según el catastro**

## 4. Normativa aplicada

Para el presente proyecto de diseño de una planta desalinizadora de agua mediante ósmosis inversa en la provincia de Castellón, se deben cumplir con diversas normativas y regulaciones para garantizar la seguridad, la protección del medio ambiente y los estándares de calidad del agua. Las principales normativas a seguir son las siguientes:

### Del agua

- Ley de Aguas (Ley 1/2001): Establece el marco legal general para la gestión del agua en España, incluyendo la desalación de agua de mar.
- Real Decreto 140/2003: Establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Ley de Costas.

### Ambientales

- Ley autonómica 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada.
- Ley 4/1989 de Conservación de los espacios naturales y de la fauna y flora silvestre.
- Ley 4/1992 de ordenación y protección del territorio.
- Ley 1/1995 de Protección del Medio Ambiente.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (modificado por la Ley 6/2001, de 8 de mayo).

### Seguridad y salud laboral

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ordenanza general de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

### Ingeniería y construcción

- Recipientes a presión: Directiva 97/23/CE y Real Decreto 2060/2008.
- Bombas: Norma DIN 24256, Norma UNE-EN ISO 14847.
- Equipos de manejo de sólidos: Normas de la Federación Española de Manutención.
- Instalaciones eléctricas/energía: Directiva 2012/27/UE, Real Decreto 337/2014, Real Decreto 223/2008, Real Decreto 1955/2000.
- Instrumentación y control: MI-BT (Reglamento Electrotécnico Español).

### Otros

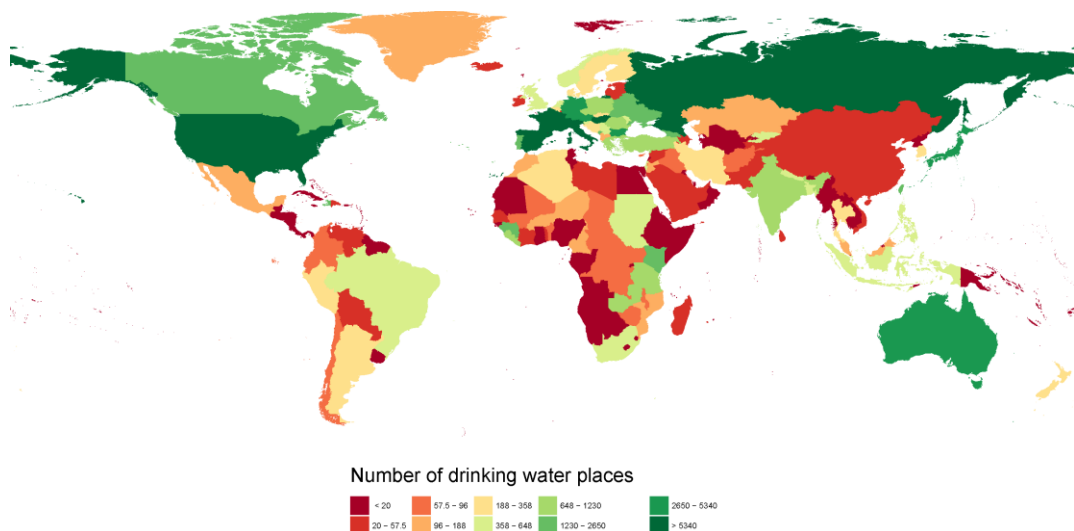
- Real Decreto 314/2006 (Código Técnico de la Edificación)
- Real Decreto 379/2001 (Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos)
- Real Decreto 2267/2004 (Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales).
- Instrumentación y control: Normas ISA, Normas API, Normas UNE, Normas CEI y CENELEC,
- Norma UNE 157001 (Criterios generales para la elaboración de proyectos)

## 5. Antecedentes

### 5.1. Situación del agua a nivel mundial

A nivel mundial la situación del agua actual es un tema complejo, variado y polémico. Dicha situación depende tanto de la región como de los países, y a pesar de que podemos encontrar diferencias significativas hay tendencias y desafíos comunes actualmente para todo el mundo, estos son:

- La escasez de agua: es un problema creciente a nivel mundial, hay muchas regiones que no tienen acceso suficiente a fuentes de agua dulce para satisfacer las necesidades de la población. Además, esto se ve agravado por factores como el cambio climático, la mala gestión del agua, el agotamiento de los recursos hídricos y el crecimiento demográfico en algunas zonas.
- Contaminación del agua: las fuentes disponibles de agua dulce (ríos, lagos, acuíferos, etc.) se ven amenazadas por la descarga de desechos industriales, aguas residuales, productos químicos agrícolas y otros contaminantes. Esto afecta tanto a la calidad del agua como a los ecosistemas. Cada año, se calcula que 3 millones y medio de personas mueren debido a enfermedades relacionadas con la calidad del agua de las cuales el 98% pertenecen a países en vías de desarrollo.
- Acceso al agua potable: todavía más de 1100 millones de personas en el mundo carecen de acceso directo a fuentes de agua potable, por lo que sufren estrés hídrico.



**Ilustración 4: La distribución de las fuentes de agua potable en el mundo**

- Agricultura: es el sector que más agua consume a nivel mundial, y sigue en aumento, el regadío es esencial para la producción de alimentos, pero también puede suponer un uso insostenible del agua.
- Cambio climático: impacta directamente sobre el ciclo del agua, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) asegura que el calentamiento global producirá menos lluvias, más intermitentes, y un aumento de las temperaturas, dando lugar a fenómenos

meteorológicos extremos como sequías e inundaciones más frecuentes, lo que aumentará los problemas existentes de escasez y falta de calidad del agua.

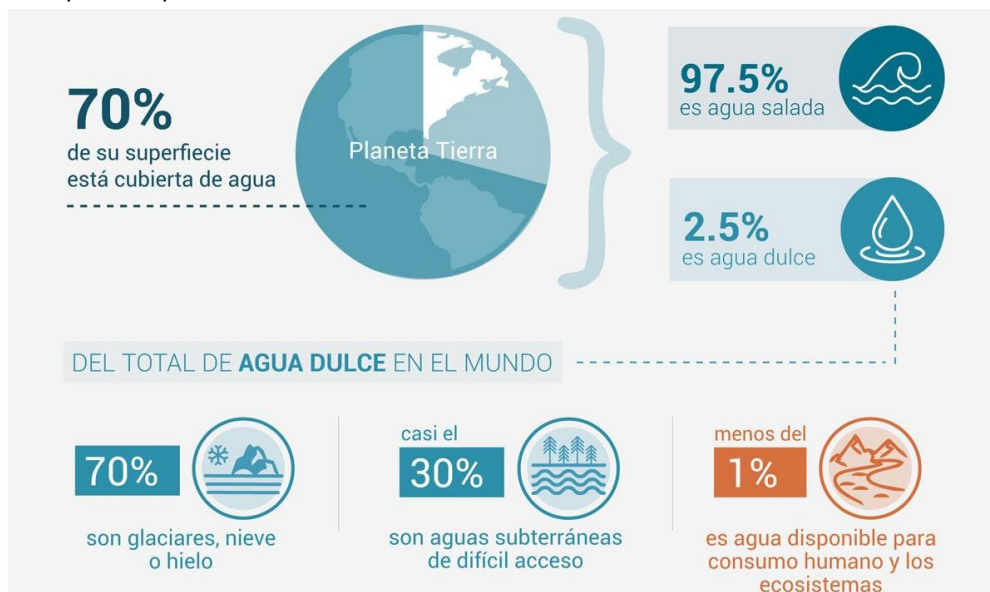
- Gestión del agua: es fundamental para abordar los problemas de suministro a nivel mundial, se requieren políticas de gestión sostenibles de los recursos hídricos, inversión en infraestructuras hídricas y cooperación internacional.

En resumen, la situación del agua a nivel mundial presenta desafíos significativos, incluida la escasez de agua, la contaminación, la falta de acceso al agua potable y la necesidad de una gestión sostenible del agua. Es fundamental tomar medidas a nivel local, nacional e internacional para abordar estos problemas y garantizar un acceso equitativo y seguro al agua para todas las personas.

## 5.2. Distribución del agua a nivel mundial

En cuanto a los recursos hídricos a nivel mundial se sabe que la Tierra, también conocida como planeta azul debido a que alrededor del 70% de la superficie está cubierta por agua, alberga 1386 millones de kilómetros cúbicos de agua.

De la totalidad del agua el 97.5 % se encuentra en los océanos siendo agua salada, el 2.5 % restante es agua dulce. Y dentro de este 2.5 % alrededor del 70 % se encuentra congelada en glaciares y cadenas montañosas, el 30 % es agua subterránea de difícil acceso dejando menos del 1 % disponible para consumo humano.



**Ilustración 5: Distribución del agua mundial**

Por lo que, de la totalidad del agua terrestre solo el 0.007% del agua que posee es factible de ser potable. Además, año tras año esta cantidad se va reduciendo debido a la contaminación, se estima que el 90% del agua usada en países en vía de desarrollo vuelve a los ríos sin ningún tipo de tratamiento.

### 5.3. Situación del agua en España

En España la situación del agua es complicada, diversa y además de algunos de los desafíos a nivel mundial también presenta retos particulares:

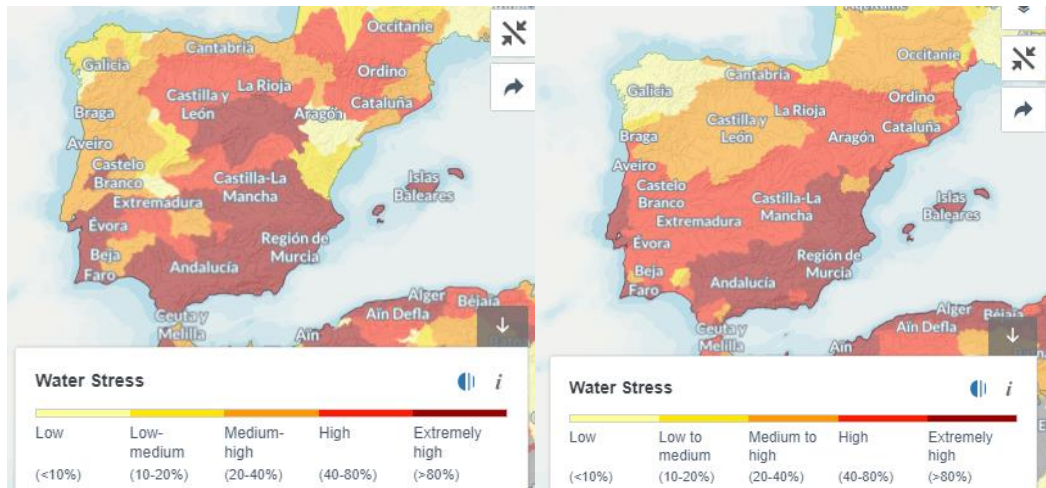
- Escasez de agua: España es considerada uno de los países más secos de Europa. Algunas regiones, como el sureste de la península ibérica, experimentan escasez de agua debido a la falta de precipitaciones y a la sobreexplotación de los acuíferos, esto ha conducido a la disminución de los niveles de los embalses y a problemas de abastecimiento en algunas zonas.
- Estrés hídrico: el aumento de la demanda de agua ha llevado a situaciones de estrés hídrico en algunas regiones de España. En áreas como Cataluña, la Comunidad Valenciana y las Islas Canarias, la demanda de agua supera la disponibilidad de recursos hídricos, lo que requiere una gestión cuidadosa y medidas de ahorro. España es uno de los 33 países con más probabilidades de sufrir estrés hídrico y cortes de suministro de agua en 2040 según WRI (Water Resources Institute). Como se puede ver en la tabla 2 y en la ilustración 3.

#### Water Stress by Country: 2040

RANK	NAME	ALL SECTORS	RANK	NAME	ALL SECTORS
1	Bahrain	5.00	18	Azerbaijan	4.69
1	Kuwait	5.00	19	Morocco	4.68
1	Qatar	5.00	20	Kazakhstan	4.66
1	San Marino	5.00	21	Iraq	4.66
1	Singapore	5.00	22	Armenia	4.60
1	United Arab Emirates	5.00	23	Pakistan	4.48
1	Palestine	5.00	24	Chile	4.45
8	Israel	5.00	25	Syria	4.44
9	Saudi Arabia	4.99	26	Turkmenistan	4.30
10	Oman	4.97	27	Turkey	4.27
11	Lebanon	4.97	28	Greece	4.23
12	Kyrgyzstan	4.93	29	Uzbekistan	4.19
13	Iran	4.91	30	Algeria	4.17
14	Jordan	4.86	31	Afghanistan	4.12
15	Libya	4.77	32	Spain	4.07
16	Yemen	4.74	33	Tunisia	4.06
17	Macedonia	4.70			

**Tabla 2: Estrés hídrico estimado para 2040 por el WRI**





**Ilustración 6: Estrés hídrico según WRI (izquierda actual, derecha previsión optimista 2040)**

- Gestión del agua: en España la gestión del agua es un problema complejo puesto que está descentralizada, las competencias correspondientes están compartidas por el gobierno y las comunidades autónomas, lo que supone un reto de coordinación y requiere un alto grado de cooperación. Se requiere la implementación de políticas y medidas para garantizar un uso sostenible de los recursos hídricos.
- Agricultura y uso del agua: es el sector que mayor cantidad de agua requiere en España, y su demanda continua en aumento incentivado por la falta de lluvias.
- Sequías e inundaciones: España también enfrenta el desafío de sequías e inundaciones. Las sequías recurrentes afectan a varias regiones, especialmente en el sureste y en las Islas Canarias, y tienen un impacto en la disponibilidad de agua para diversos usos.
- Desalinización y reutilización: España ha invertido en tecnologías de desalinización de agua de mar y en la reutilización de aguas residuales tratadas para diversificar sus fuentes de abastecimiento. Estas medidas ayudan a compensar la escasez de agua en algunas áreas y a reducir la presión sobre los recursos hídricos convencionales.

Como se ha podido observar en los últimos veranos el problema de escasez de agua en España es evidente y se ve agravado por las cada vez más habituales olas de calor, dando lugar a problemas de abastecimiento en varias zonas del país. Las predicciones actuales es que esta situación vaya a peor.

Es importante destacar que la gestión del agua en España se encuentra en constante evolución, con la implementación de políticas y proyectos destinados a promover la sostenibilidad y garantizar un acceso equitativo al agua.

La conciencia sobre la importancia de preservar y utilizar de manera eficiente este recurso es fundamental para hacer frente a los desafíos actuales y futuros relacionados con el agua en el país.

## 5.4. Situación de la desalinización

La desalinización es el proceso de eliminación de la sal y otras impurezas del agua de mar o del agua salobre para convertirla en agua dulce apta para consumo humano o uso industrial. A nivel mundial, la desalinización se ha convertido en una opción cada vez más utilizada para aumentar el suministro de agua en regiones con escasez de recursos hídricos.

La desalinización ha experimentado un crecimiento significativo se estima que la capacidad mundial de desalinización ha aumentado a más de 100 millones de metros cúbicos por día. Numerosos países, especialmente aquellos con escasez de agua, han invertido en plantas de desalinización para abordar sus necesidades de agua.

España es líder en Europa en cuanto a la desalinización del agua y uno de los países que mayor agua desalada produce a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar en cuanto a capacidad de desalinización instalada, situándose por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y Emiratos Árabes Unidos.

Se calcula que hay aproximadamente 18000 plantas desaladoras existentes en el mundo, con una capacidad de 79.35 millones de m<sup>3</sup>/día.

Existen varias tecnologías utilizadas en la desalinización, siendo las más comunes la ósmosis inversa y la destilación térmica. La ósmosis inversa es la tecnología más ampliamente utilizada debido a su eficiencia y menor consumo energético en comparación con la destilación térmica. Sin embargo, la investigación y el desarrollo continúan buscando mejoras en las tecnologías existentes y el desarrollo de nuevas técnicas más eficientes y económicas.

La desalinización todavía se considera un proceso costoso, principalmente debido al alto consumo de energía necesario para operar las plantas de desalinización. La energía representa una parte significativa de los costos totales de la desalinización y representa entorno al 40% del coste.

Además, la desalinización tiene un considerable impacto ambiental pues la toma de agua marina puede afectar a los ecosistemas costeros, y el rechazo de la salmuera concentrada y los subproductos químicos puede tener efectos negativos en el medio ambiente marino. Por lo tanto, es necesario implementar medidas de mitigación y desarrollar tecnologías más sostenibles en el ámbito de la desalinización. Se espera que la desalinización juegue un papel cada vez más importante en la seguridad hídrica global. A medida que la demanda de agua aumenta y los recursos hídricos convencionales se vuelven más escasos, la desalinización puede ayudar a diversificar las fuentes de abastecimiento de agua.

La situación de la desalinización en España es notable debido a la escasez de recursos hídricos en muchas regiones y a la alta demanda de agua, especialmente en zonas áridas y semiáridas. Según los últimos datos de AEDyR (Asociación Española de Desalación y Reutilización) obtenidos en 2019, en España se producen alrededor de 5.000.000 de m<sup>3</sup>/día de agua desalada para abastecimiento, riego y uso industrial.

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

### Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

En España hay 765 plantas desaladoras con producciones superiores a los 100 m<sup>3</sup>/día. De ellas, 360 son desaladoras de agua de mar y 405 de agua salobre. Con la siguiente distribución según su capacidad:

- De gran capacidad (entre 10.000 y 250.000 m<sup>3</sup>/día): 99 de ellas, 68 son de agua de mar y 31 de agua salobre.
- De capacidad media (entre 500 y 10.000 m<sup>3</sup>/día): son un total de 450, 207 de agua de mar y 243 de agua salobre.
- De pequeña capacidad (entre 100 y 500 m<sup>3</sup>/día): ascienden a un total de 216, de las que 85 son de agua de mar y 131 de agua salobre.

En España se ha promovido la construcción de numerosas plantas de desalinización, además de la investigación y desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles. La desalinización se utiliza en gran medida para cubrir las necesidades de riego en la agricultura. Las regiones costeras de España con una mayor dependencia de la desalinización incluyen la Comunidad Valenciana, Murcia, Andalucía, las Islas Canarias y las Islas Baleares.

Aunque la desalinización se considera una solución efectiva para enfrentar la escasez de agua en España, también presenta desafíos y consideraciones, que ya se ha mencionado previamente, pero a modo de resumen son: los altos costos de inversión y operación, así como el consumo de energía, y la gestión adecuada de la salmuera concentrada que es esencial para evitar impactos negativos en el medio ambiente marino.

En general, la desalinización juega un papel importante en el abastecimiento de agua en España, especialmente en regiones con escasez de recursos hídricos. Y es un proceso que tendrá un gran peso de cara al futuro del suministro de agua en España por varias razones:

- Escasez de recursos hídricos
- Necesidad de diversificación de fuentes de suministro
- Adaptación al cambio climático
- Aumento de la demanda de agua para agricultura
- Turismo y desarrollo económico

Actualmente las principales desaladoras de España en la Cuenca Mediterránea son las resumidas en la tabla 3.

Localidad	Provincia	Producción m <sup>3</sup> /día	Personas abastecidas	Hectáreas beneficiadas
Torrevieja	Alicante	219178	140000	8000
Del Bajo Almazora	Almería	41096	140000	24000
Carboneras	Almería	115068	200000	7000
Campo de Dalías	Almería	82676	300000	
Oropesa	Castellón	39986	150000	
Valdelentisco	Murcia	191781	60000	7577
Águilas	Murcia	191781	130000	
Sagunto	Valencia	70411	65000	
De La Marina Baja	Alicante	49315	200000	
Moncofar	Castellón	54247	120000	

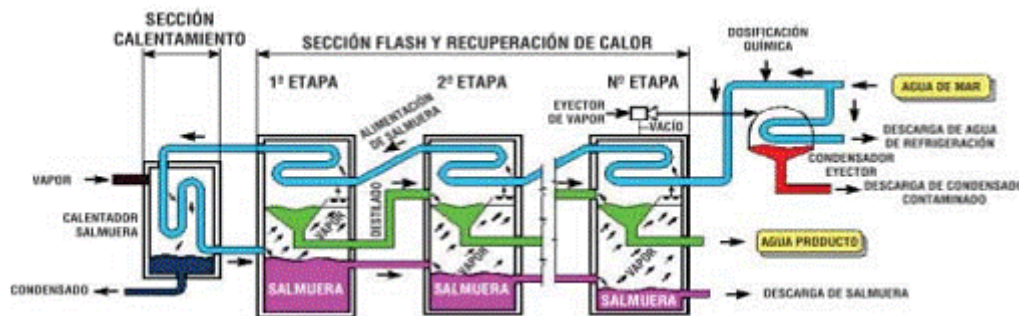
**Tabla 3: Principales plantas desalinizadoras de la Cuenca Mediterránea española**

## 5.5. Diferentes tecnologías de desalación

Existen diferentes tecnologías utilizadas en el proceso de desalación de agua, las principales son:

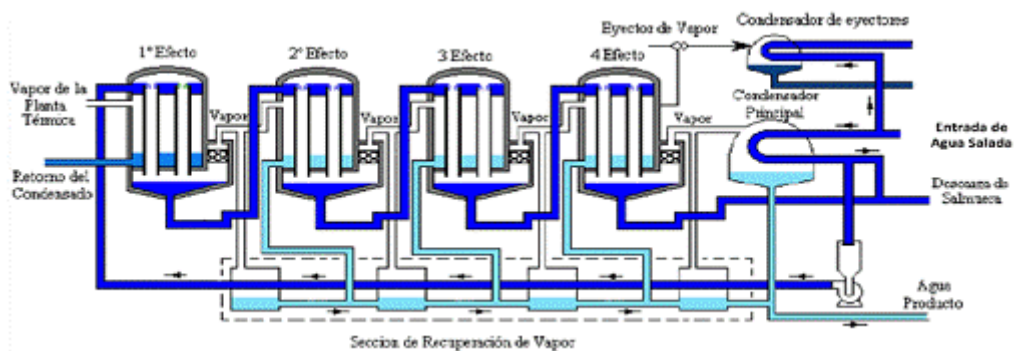
### Técnicas de evaporación o destilación:

- a) MSF (Evaporación Instantánea Multietapa): evapora el agua de mar en varias etapas sucesivas con presiones y temperaturas decrecientes. El agua se precalienta en cada etapa mediante condensadores y al pasar a la siguiente etapa, con menor presión, se produce la evaporación del agua. El vapor generado se convierte en agua con baja concentración salina por condensación.



**Diagrama 1: Proceso MSF**

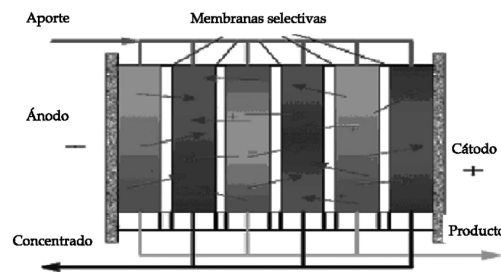
- b) MED (Destilación Multifecto): Se compone de cámaras o efectos sucesivos que operan a presiones progresivamente más bajas. El vapor caliente circula dentro de tubos, sobre los cuales se pulveriza agua de entrada. El vapor se condensa dentro de los tubos, permitiendo la evaporación del agua de entrada en el exterior. Este proceso se repite en una serie de efectos, con el vapor pasando de un efecto a otro, condensándose y calentando el agua en cada etapa.



**Diagrama 2: Proceso MED**

**Técnicas de membranas:**

- c) Ósmosis Inversa: Consiste en aplicar presión mecánica para filtrar el agua a través de membranas semipermeables, permitiendo el paso de moléculas de agua y bloqueando las sales disueltas. Se obtiene una corriente de agua desalada con menor concentración de sales y una corriente con mayor concentración salina.
- d) Nanofiltración: Similar a la Ósmosis Inversa, utiliza membranas semipermeables con un mayor porcentaje de rechazo de iones de sales. Permite operar a presiones más bajas que la ósmosis inversa.
- e) Electrodialísis: Implica el paso de iones bajo el efecto de una corriente eléctrica continua a través de membranas permeables selectivas. Las membranas permiten el paso de iones, que son transferidos de una solución menos concentrada a otra de mayor concentración. Se utilizan dos electrodos y las membranas se colocan entre ellos para permitir el flujo de agua de entrada.



**Diagrama 3: Esquema funcionamiento electrodialísis**

**Desalación por congelación:** Se basa en el principio de congelar el agua salada y separar los cristales de hielo de la solución salina. El agua congelada se derrite y se recoge como agua dulce. La desalación por congelación es menos común y se utiliza en situaciones específicas.

## 6. Justificación de la actuación

Ante lo expuesto previamente acerca del panorama global y español del agua y observando la tendencia de los últimos años en la que se han incrementado los períodos de sequía, las olas de calor y por ende reducido los recursos hídricos es necesario comenzar a tomar medidas preventivas.

Además, en la actualidad la gran parte de la demanda urbana, industrial y agraria de la provincia de Castellón se satisface mediante aguas subterráneas, en las zonas costeras de la provincia esto se traduce en que muchos de los acuíferos se encuentren en situaciones cercanas a la sobreexplotación.

Se trata de un proyecto adecuado a la situación y el contexto actuales que tratará de evitar y prevenir un problema de primera necesidad como es la falta y escasez de agua.

## 7. Elección de la tecnología de desalación

La técnica más utilizada actualmente a nivel mundial para desalar agua es la Ósmosis Inversa, que alcanza casi el 70% del total; seguida de la MSF (18%), la MED (7%), la Nanofiltración (3%) y por último la Electrodialisis (2%).

Es importante tener en cuenta que cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas en términos de eficiencia energética, costo, requerimientos de mantenimiento y calidad del agua producida. La elección de la tecnología de desalación depende de factores como la disponibilidad de recursos energéticos, el costo del agua producida y las condiciones específicas de la ubicación geográfica.

Como ya se ha mencionado previamente en la actualidad, la tecnología de ósmosis inversa (OI) es la más utilizada y considerada como una de las opciones más eficientes y económicas para la desalinización de agua. Por las siguientes razones:

- Es más eficiente energéticamente en comparación con tecnologías más antiguas como la destilación térmica. Aunque todavía requiere una cantidad considerable de energía, los avances en la tecnología y el diseño de las membranas han permitido reducir significativamente el consumo energético en los últimos años.
- Es capaz de eliminar una amplia gama de sales y otros contaminantes disueltos en el agua, incluyendo iones de sal, minerales y compuestos orgánicos.
- Permite obtener agua dulce de alta calidad y apta para el consumo humano o uso industrial.
- Es altamente flexible y se puede adaptar a diferentes escalas, desde pequeños sistemas de desalación hasta grandes plantas a gran escala, debido a que se puede considerar como una tecnología modular.
- El aumento de la eficiencia y duración de las membranas han reducido los costos de mantenimiento y aumentado la vida útil de los sistemas de ósmosis inversa.

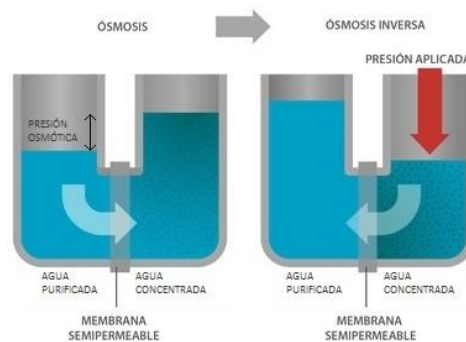
Debido a todo lo expuesto anteriormente se ha decidido emplear el proceso de producción por ósmosis inversa para la desalación en la planta objeto del proyecto. A pesar de ello la ósmosis inversa presenta algunas desventajas y retos como son el alto requerimiento de mantenimiento, la necesidad de pretratamiento, y el alto consumo de energía.

## 8. Desalinización por ósmosis inversa

### 8.1. Principio de funcionamiento ósmosis inversa

El principio de funcionamiento de la ósmosis inversa se basa en el fenómeno natural de la ósmosis. La ósmosis es el proceso mediante el cual un solvente se desplaza a través de una membrana semipermeable para equilibrar la concentración de solutos a ambos lados de la membrana.

En la ósmosis inversa, se aplica presión a una solución con alta concentración de solutos, conocida como agua de alimentación presionándola contra una membrana semipermeable que permite el paso del solvente, pero bloquea el paso de la mayoría de los solutos disueltos.



**Ilustración 7: Esquemas de funcionamiento ósmosis y ósmosis inversa**

Debido a la presión aplicada, el agua se fuerza a atravesar la membrana hacia el lado opuesto, conocido como permeado. Los solutos y contaminantes quedan atrapados en el lado de la alimentación, creando así un proceso de separación. La presión requerida se conoce como presión osmótica y suele ser bastante elevada.

## 8.2. Definición proceso producción por ósmosis inversa

En este punto se va a explicar de manera resumida y breve el proceso de desalación por ósmosis inversa, que se puede considerar que tiene 7 etapas:

1. Captación
2. Pretratamiento
3. Tratamiento
4. Postratamiento
5. Almacenamiento de agua potable
6. Tratamiento aguas de rechazo y limpieza
7. Vertido al mar

El primer paso del proceso consiste en captar el agua de mar a través de una toma en el fondo marino, una vez captada es transportada a través del emisario. Una vez extraída del mar se acumula en una piscina para luego ser impulsada mediante bombas hidráulicas hasta la nave donde se encuentra la planta desaladora.

Cuando llega a la planta se inicia el pretratamiento del agua, se realiza tanto un pretratamiento físico a través de filtros como uno químico con diversos aditivos para conseguir las características deseadas antes de hacer pasar el agua a través de las membranas de manera que se aumenta la eficiencia de la desalinización y se evitan problemas en las membranas sobre todo de acumulación de suciedad.

Tras pretratar el flujo de agua comienza el tratamiento en el cual gracias a bombas de alta presión se consigue superar la presión osmótica para que el agua atraviese las membranas de ósmosis inversa. Estas membranas están diseñadas para permitir el paso de las moléculas de agua mientras retienen las sales y otros contaminantes presentes en el agua. Las membranas de ósmosis inversa son altamente eficientes y pueden eliminar hasta el 99% de los contaminantes, incluyendo sales, bacterias, virus, compuestos orgánicos y sólidos disueltos. En esta etapa se generan dos corrientes de salida: una de agua tratada y otra de salmuera.

El agua tratada se transporta a la zona de postratamiento en la cual mediante operaciones químicas se equilibra su pH, se añaden minerales al agua ajustando la calidad y consiguiendo un agua apta para consumo que es almacenada en un depósito preparada para su distribución ante demanda.

Mientras que la salmuera pasa por un proceso de separación de sólidos donde se eliminan los lodos y fangos para posteriormente ser mezclada con agua de mar, transportada a través del emisario y devuelta al mar usando difusores.



### 8.3. Membranas de ósmosis inversa

Las membranas pueden definirse como películas delgadas que separan dos fases actuando como barreras selectivas para el transporte de materia. El proceso que tiene lugar en las membranas es que la corriente de alimentación se procede a separar en dos partes: el permeado (fluido que pasa a través de la membrana, en este caso el agua tratada) y el rechazo (fluido que recoge la sustancias no deseadas que no atraviesan la membrana, en este caso la salmuera).

Hay muchos tipos de membranas y muchas clasificaciones posibles.

Las membranas pueden ser:

- Según su naturaleza: naturales, sintéticas
- Según su estructura microscópica: porosas, no porosas
- Según su configuración: simétricas, asimétricas

Los materiales más comunes de los cuales se fabrican las membranas de ósmosis inversa para desalación son:

1. Poliamida aromática (PA)
2. Acetato de celulosa (CA)

Para comparar ambos materiales se ha realizado la tabla 4.

	Poliamida aromática (PA)	Acetato de celulosa (CA)
Biodegradable	No	Si
Tolerancia a oxidantes	Muy baja	Moderada
Resistente al cloro	No	Si
Ensuciamiento	Propensa	Menos propensa
Carga superficial	Negativa	Neutra
Incremento paso de sales	Progresivo y limitado con el tiempo	Rápido
Compactación	Baja	Compactación y pérdida de flujo permeado
pH	Amplio espectro	Sensible a hidrólisis
Límite de temperatura	45°C	35°C
Caudales	Medios	Grandes
Afectadas por bacterias	No	Si

**Tabla 4: Comparación membranas de ósmosis inversa de PA y CA**

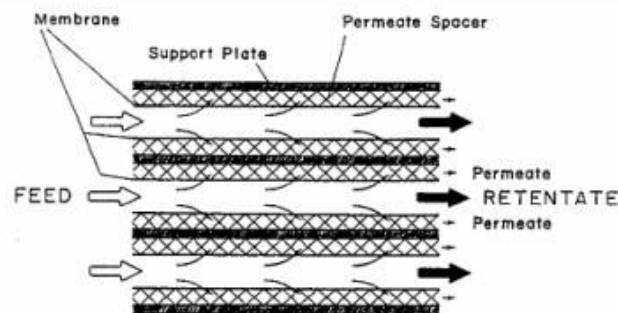
Las más usadas actualmente son las fabricadas de Poliamida Aromática.

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

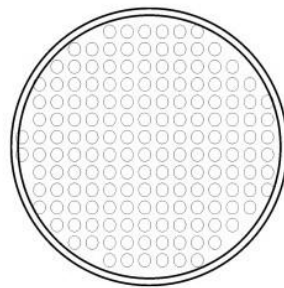
Los módulos que forman las membranas pueden ser: laminares, tubulares, de arrollamiento en espiral o de fibras huecas.

- Laminares: se colocan las placas en horizontal, separadas por espaciadores permeables. Tienen una baja relación superficie/volumen y requieren de filtración previa.



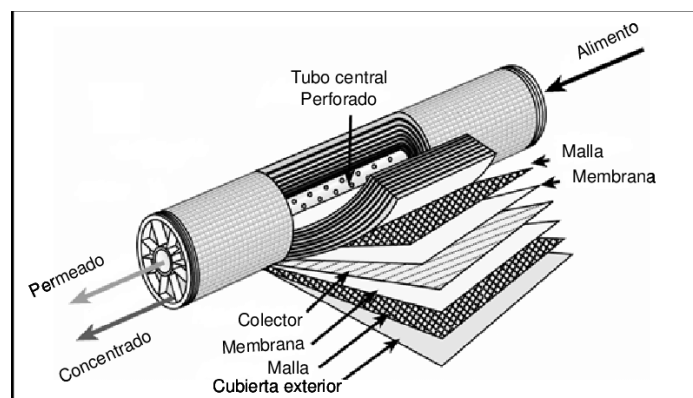
**Ilustración 8: Módulo laminar**

- Tubulares: emplean carcacas cilíndricas como soporte y en ellas se alojan las membranas, no requieren filtración previa y pueden regenerarse.



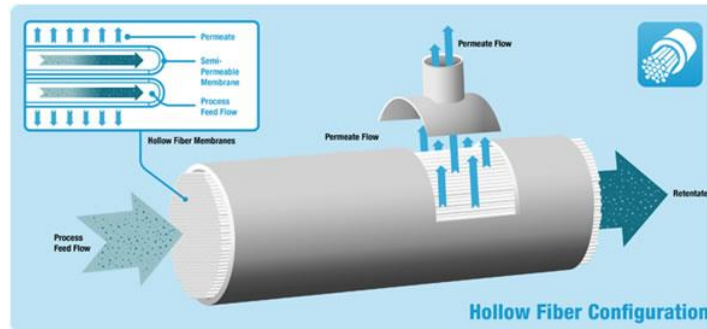
**Ilustración 9: Módulo tubular**

- De arrollamiento en espiral: se enrollan las membranas planas separadas mediante tejidos como separadores impermeables y mallas que tienen la función de transportadores y generadores de turbulencia. Las mallas generan los canales de circulación de agua y los separadores permiten aislar dichos canales. Así se consigue aumentar la relación superficie/volumen y además reduce el coste energético. Presentan dificultades para su mantenimiento y limpieza.



**Ilustración 10: Módulo de arrollamiento en espiral**

- Fibras huecas: una unidad formada por fibras muy delgadas, son unidades compactas y económicas diseñadas para filtrar grandes volúmenes. En su interior albergan membranas de pequeño tamaño que trabajan de manera independiente. Aparentemente pueden parecer similares a las tubulares.



**Ilustración 11: Módulo de fibras huecas**

En la práctica las membranas que se fabrican están normalizadas lo que facilita la comparación entre ellas y permite que sean fácilmente sustituibles. El parámetro fundamental de esta normalización es el diámetro exterior de la membrana. Los módulos más utilizados son los de arrollamiento en espiral y los de fibra hueca, en la tabla 5 se observa una comparativa resumen entre ambas.

	Arrollamiento en espiral	Fibra hueca
Permeabilidad	Mayor	
Capacidad		Mayor
Presión de funcionamiento		Mayor
Consumo energético		Mayor
Ensuciamiento		Mayor
Rechazo de sales	Mayor	
Facilidad sustitución de módulos	Mayor	
Coste económico		Mayor
Relación superficie/volumen		Mayor

**Tabla 5: Comparativa módulos de arrollamiento en espiral y fibra hueca**

Los módulos más utilizados para la filtración mediante ósmosis inversa son los de arrollamiento en espiral que presentan un mayor rechazo de sales, son más fácilmente sustituibles, son más permeables por lo que necesitan menores presiones de trabajo dando lugar a un menor consumo energético. Y además presentan una buena relación superficie/volumen a un coste menor que las de fibra hueca a pesar de que tiene una menor capacidad.

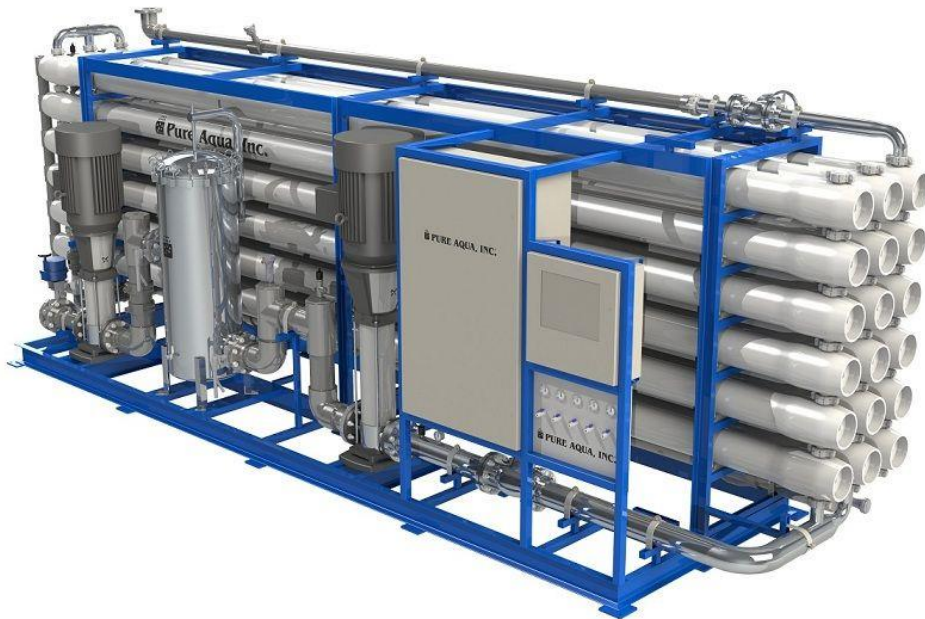


**Ilustración 12: Módulo de arrollamiento en espiral**

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

La recuperación de los módulos es bastante baja (7-10%) por lo que se crean lo que se conoce como bastidores de ósmosis inversa que son tubos de presión en los que se colocan varios módulos de ósmosis inversa en serie, se suelen crear conectando 6-8 membranas.



**Ilustración 13: Bastidor de ósmosis inversa**

A su vez estos bastidores se pueden agrupar de diversas maneras en lo que se refiere al flujo del proceso, hay que distinguir entre dos conceptos para poder entender las configuraciones:

- **Etapas:** unidades de producción conectadas en paralelo que son alimentadas desde una bomba única, se puede aumentar la eficiencia de la instalación haciendo que el rechazo de una etapa sea la alimentación de la siguiente, lo que hace que aumentar el número de etapas aumento el caudal recuperado, pero al aumentar la salinidad del rechazo puede que se empeore la calidad del permeado final.  
La conversión de cada etapa no debe superar el 50% por lo que para obtener conversiones superiores se deben emplear etapas en serie: usando dos se consiguen porcentajes entorno al 75% y con tres entorno al 88%. No se emplean más de tres.  
Otra forma de aumentar la eficiencia sin añadir etapas es mediante la recirculación del rechazo para mezclarlo con el caudal de aporte alcanzando conversiones de hasta el 75%, pero requiere un mayor consumo de energía y aumenta la salinidad del permeado.
- **Paso:** en este caso es el permeado del primer sistema el que alimenta al segundo sistema, lo que hace que aumente la calidad del agua permeada final, requieren de bombas intermedias entre ellos.

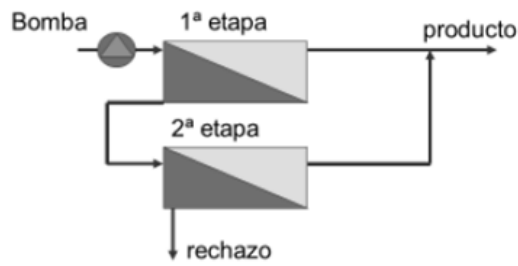


Diagrama 4: Un paso con dos etapas

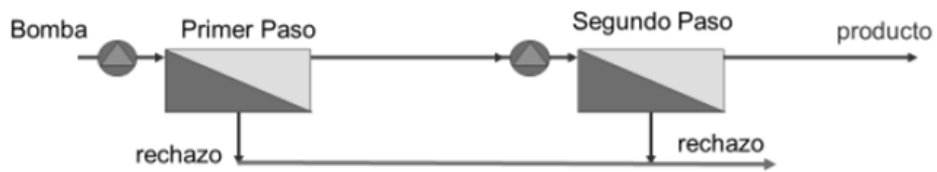


Diagrama 5: Dos pasos de una etapa

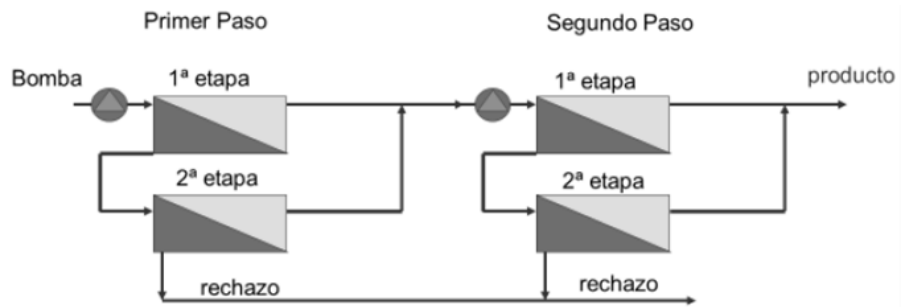


Diagrama 6: Dos pasos de doble etapa cada uno

## 9. Requisitos de diseño

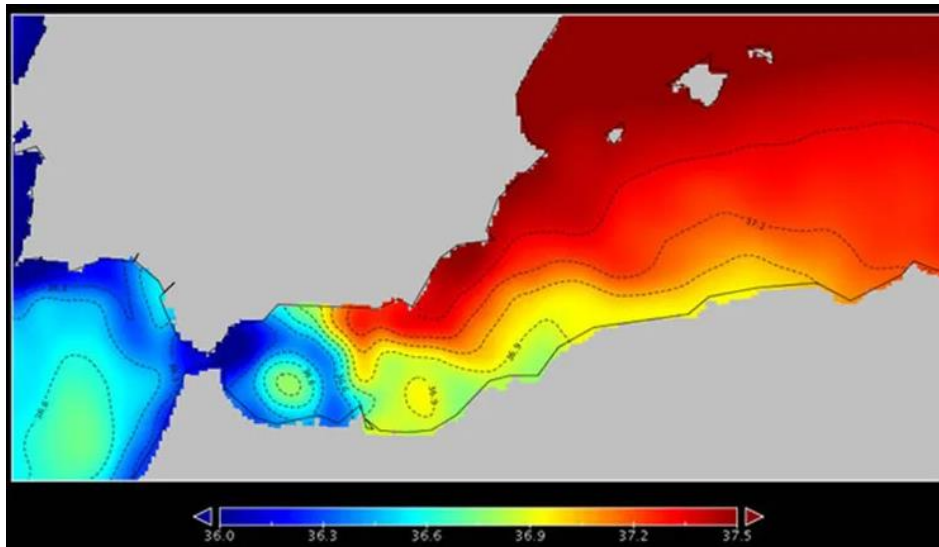
El diseño de la planta debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El volumen de agua producido debe ser suficiente para abastecer a una población de 180000 personas
- La calidad del agua debe ser apta para consumo humano
- Se debe cumplir con la normativa vigente que concierne al proyecto expuesta en el punto 4
- El almacenamiento de agua potable debe ser suficiente para abastecer a la población durante 24 horas
- Obtener un rendimiento en los bastidores de ósmosis inversa del 45% con una sola etapa

## 10. Datos de partida

La planta objeto del proyecto se va a diseñar para una población equivalente de 180000 personas teniendo en cuenta que se estima un consumo diario medio por persona de 133 l según el Instituto Nacional de Estadística (INE). Por lo que la producción diaria de agua necesaria es de 23940 m<sup>3</sup>/día.

El agua que se va a desalinizar es agua marina que tiene una salinidad entre 20000 mg/l y 50000 mg/l. En el caso particular del mar mediterráneo la salinidad según la fundación Aquae en la zona de la provincia de Castellón es de unos 37500 mg/l, y su temperatura oscila desde los 18 a los 32 grados.



**Ilustración 14: Mapa salinidad mar mediterráneo (Fundación Aquae)**

Para realizar los cálculos se ha tenido en cuenta un rendimiento de la instalación del 45%.

$$\text{Caudal de captación necesario} = \frac{\text{Caudal a producir}}{\text{Rendimiento de la instalación}} = \frac{23940 \text{ m}^3/\text{día}}{0.45} = 53200 \text{ m}^3/\text{día}$$

La planta se encuentra en el municipio de Vinaroz como se puede ver en el punto 3.

## 11. Solución adoptada

A partir de los datos de partida se ha realizado el cálculo y dimensionado de todos los componentes de la planta por etapas que coinciden con el proceso productivo de agua desalada.

Ha sido necesario diseñar:

1. La toma de agua de mar
2. Etapa de pretratamiento
3. Etapa de bastidores de ósmosis inversa
4. Etapa de post tratamiento
5. Almacenamiento de agua potable
6. Tratamiento de aguas de rechazo y limpieza
7. Emisario submarino

Los cálculos necesarios para el diseño de los elementos se encuentran en el ANEXO I.

### 11.1. Descripción general de la planta

En el diagrama 7 se puede ver de forma resumida el proceso productivo de la planta. Se capta el agua de alimentación mediante la toma abierta de agua de mar para posteriormente pasar por las siete etapas del pretratamiento que se explicarán en más detalle en el punto 11.3.

Una vez finalizado el pretratamiento el agua de alimentación entra en la etapa de bastidores de membranas donde es impulsada por las bombas de alta presión para atravesar las membranas de ósmosis inversa generándose dos corrientes una de permeado y una de agua de rechazo o salmuera.

El permeado es el agua libre de sales la cual pasa a través de las etapas de pretratamiento para finalmente almacenarse.

Mientras que la salmuera se emplea para recuperar energía, tras lo cual se lleva al depósito de decantación para separar los lodos. Una vez sale la salmuera del depósito de decantación se mezcla con caudal proveniente de la piscina de captación, es decir, con agua de mar sin ningún tratamiento para reducir la concentración de sales y así poder verter el agua al mar mediante el emisario submarino reduciendo el impacto en la biota marina.

Los lodos obtenidos tanto de las filtraciones de los procesos de pretratamiento como del depósito de decantación son compactados mediante el tornillo compactador para reducir su volumen y facilitar la gestión de dichos residuos.

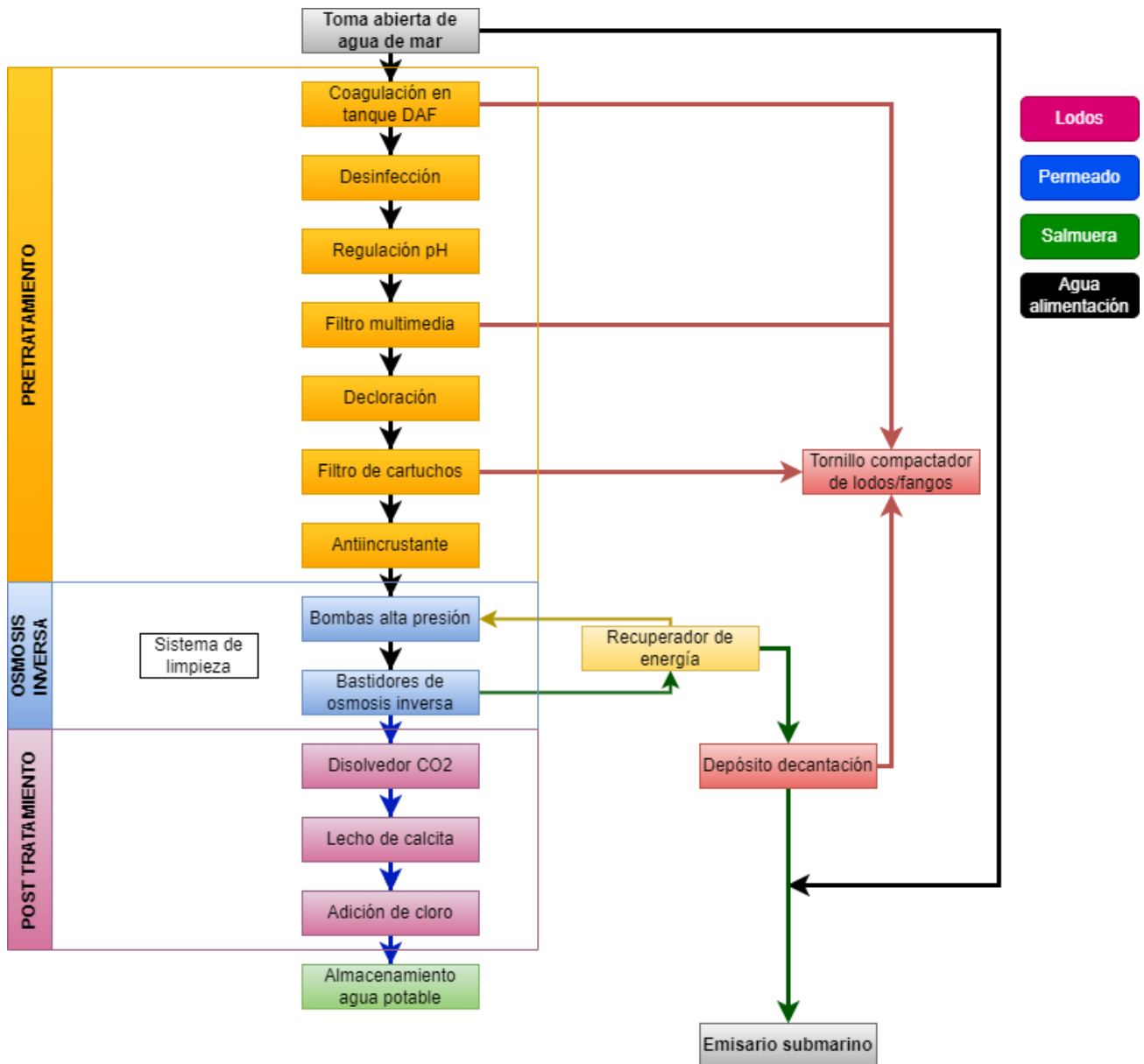


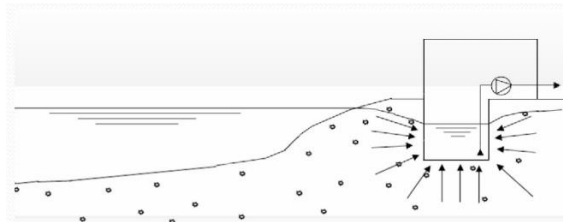
Diagrama 7: Proceso productivo de la planta desalinizadora



## 11.2. Toma de agua de mar

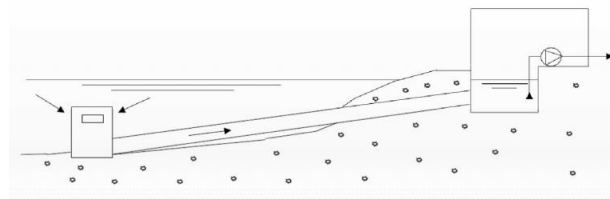
La toma de agua de mar es fundamental para garantizar la disponibilidad de agua bruta y puede realizarse mediante dos tipos de captación:

- Captación por toma cerrada mediante pozos subterráneos: consiste en obtener el agua a través de pozos profundos, drenes horizontales o cántaras, permite obtener agua limpia puesto que el terreno realiza una filtración previa, la temperatura del agua es más estable, tiene bajas concentraciones de materia orgánica o biológica, pero puede estar contaminada por nitratos y contener importantes concentraciones de hierro, aluminio, magnesio y sílice.



**Ilustración 15: Esquema toma cerrada**

- Captación por toma abierta al mar: tiene un importante contenido de sólidos en suspensión, materia orgánica, la temperatura del agua es más variable y presenta mayores variedades de contaminantes.



**Ilustración 16: Esquema toma abierta**

En la tabla 6 se puede ver un resumen de la comparativa entre ambas opciones.

	Toma abierta	Toma cerrada
Caudal	Grandes caudales	Irregular
Mantenimiento	Bajo y sencillo	Alto y difícil
Costo inicial	Menor	Mayor
Calidad del agua	Menor, composición química variable	Mayor, gracias a la filtración del terreno
Inversión en pretratamiento	Mayor	Menor
Impacto ambiental	Mayor	Menor
Presencia de sustancias contaminantes Fe, Al, Mg, sílice	Menor	Mayor
Actividad biológica	Mayor (mareas rojas)	Menor
Superficie necesaria	Menor	Mayor
Impacto visual	Menor	Mayor

**Tabla 6: Resumen comparativa entre toma abierta y toma cerrada**

La solución adoptada ha sido la toma abierta por los siguientes motivos:

1. Gran caudal requerido: garantiza un caudal estable.
2. Proximidad a la costa: facilita la implementación de una toma abierta.
3. Mantenimiento más sencillo
4. Menor costo inicial: al tratarse de un emplazamiento cercano a la costa.
5. Impacto ambiental controlado: aunque las tomas abiertas pueden tener un impacto ambiental en términos de entrada de organismos marinos y sólidos en suspensión, este impacto puede ser gestionado y controlado mediante el diseño adecuado de la torre de toma.

La toma de mar mediante captación abierta está formada por una infraestructura que consta de tres elementos principales: la torre de captación, el inmisario submarino y la cámara o piscina de captación.

La torre de captación será de hormigón con una serie de ventanas que cuentan con rejillas de polietileno para impedir que se introduzcan sólidos suspendidos en el agua, peces y algas. Y posteriormente conectada a la torre de captación se encuentra la tubería de captación también conocida como inmisario submarino. El inmisario submarino consiste en una tubería de polietileno de alta densidad debido a su resistencia a la corrosión con lastres de hormigón para fijarla al fondo.



***Ilustración 17: Ejemplo torre de captación de hormigón***



***Ilustración 18: Ejemplo inmisario submarino, tubería de polietileno con lastres de hormigón***

### 1. Torre de captación

La torre de captación se situará en el lecho marino a 900 m de la orilla y a una profundidad de 23 m, dicha profundidad puede variar debido a las condiciones geotécnicas como pueden ser las mareas, su altura será de 5 m y tendrá un diámetro de 3 m dando un volumen de 35 m<sup>3</sup>.

Se dispondrá de 4 ventanas de diámetro 1.4 m.

La profundidad a la que se encuentran los puntos de toma hace que no haya demasiada cantidad de sólidos en suspensión y la ausencia de luz reduce el crecimiento biológico que puede dañar las estructuras.

En la base de la torre se encuentra conectada la tubería del inmisario submarino, que conducirá el agua de mar hasta la costa donde se almacenará en la cántara de captación.

### 2. Inmisario submarino

El inmisario será una tubería de poliestireno de alta densidad SDR21 1200 mm de 900 m de longitud que quedará anclada al mar mediante lastres de hormigón. Además, será necesaria una bomba para realizar la captación que de una potencia neta de 137.97 kW para hacer llegar el agua hasta la piscina de captación.

### 3. Piscina de captación

La piscina tendrá 5.5 m de profundidad, 50 m de largo y 30 m de ancho con un volumen de 8250 m<sup>3</sup>.



*Ilustración 19: Piscina de captación de una desaladora*

En la tabla 7 se puede observar un resumen de los equipos necesarios para la toma de agua de mar.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>TOMA DE AGUA</b>		
Torre de captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Material: estructura hormigón y rejillas PE</li> <li>- 4 ventanas de 1.4 m de diámetro</li> <li>- Dimensiones: altura 5 m y diámetro 3 m</li> </ul>	Sin seleccionar
Inmisario submarino	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 1</li> <li>- Longitud 900 m</li> <li>- Diámetro 1200 mm</li> <li>- Calibre SDR21</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 0.865 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- Potencia 137.97 kW</li> </ul>	Sin seleccionar
Piscina captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen 8250 m<sup>3</sup></li> <li>- Profundidad 5.5 m</li> <li>- Longitud 50 m</li> <li>- Ancho 30 m</li> <li>- Material: hormigón</li> </ul>	Sin seleccionar

**Tabla 7: Equipos necesarios para la toma de agua**

### 11.3. Pretratamiento

Las membranas de ósmosis inversa pueden verse dañadas cuando surgen problemas de ensuciamiento, incrustaciones o ataque químico por ejemplo del cloro. Es por ello por lo que para evitar dañar las membranas lo que reduciría su vida útil se realizan las etapas de pretratamiento. De este modo además de evitar daños en las membranas se aumenta la calidad del agua producto y la eficiencia del proceso.

Se requieren dos tipos de pretratamientos un pretratamiento físico que consiste en la filtración de las partículas y uno químico para eliminar los principales agentes perjudiciales para las membranas de ósmosis inversa.

Las etapas de pretratamiento son las siguientes:

#### 1. Coagulación

Consiste en desestabilizar los coloides y las partículas pequeñas existentes en el agua y reagruparlos mediante el uso de coagulantes para facilitar su extracción, lo que consiguen los coagulantes es añadir cargas positivas a los coloides para desestabilizarlas eléctricamente, creando fuerzas de atracción entre ellas para agruparlas entre sí.

Esta coagulación tiene lugar en un tanque de flotación por aire disuelto (DAF), en las burbujas de aire se adhieren a la materia en suspensión, flotando hacia la superficie para facilitar su posterior eliminación. Los coagulantes se agregan al proceso para formar aglomeraciones. Es eficaz evitando la sobreproducción de algas o marea roja.

El agua de salida de este método debe cumplir con las siguientes características:

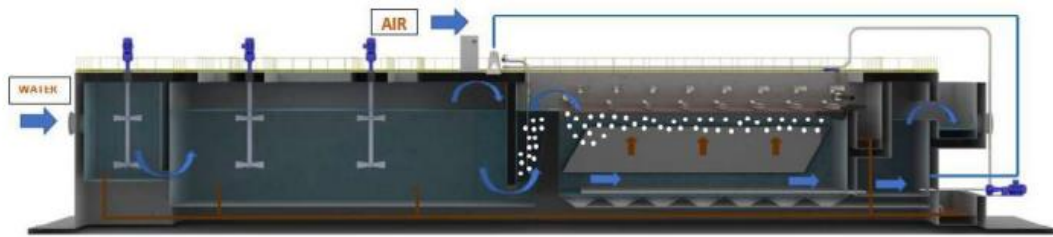
- Turbidez < 0.5 NTU
- Índice de densidad de sedimentos < 3
- Ausencia de oxidantes
- Baja concentración de metales
- Ausencia de microalgas

El aire se inyecta a baja presión disolviéndose en el agua y siendo liberado a la atmósfera al llegar a la superficie, el tamaño de la burbuja depende de la densidad del agua y la cantidad de sólidos en suspensión o algas que contenga el agua.

Una vez en la superficie las partículas se eliminan mediante un dispositivo de desnatado, así los sistemas DAF consiguen eliminar eficazmente los sólidos en suspensión, los aceites y grasas y las microalgas u otros contaminantes.

Se van a emplear dos tuberías SDR33 de diámetro 500 mm para trasegar el caudal desde la piscina de captación hasta el sistema DAF, además serán necesarias dos bombas que aporten una potencia neta de 252.51 kW.

El tanque de flotación DAF se obtiene del fabricante SIGMA ES eligiendo el modelo capaz de procesar un caudal superior al necesario es decir el modelo FPBC3000CW con un caudal de 2500 m<sup>3</sup>/h.



*Ilustración 20: Esquema tanque de flotación DAF fabricante SIGMA*

El coagulante que se va a emplear es el cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>) con una riqueza del 40% y el tratamiento se realizará en continuo previa a la entrada del agua en el tanque de flotación la bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 40 l/h y una disposición de 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 14 m<sup>3</sup>.

## **2. Desinfección**

Para la desinfección se va a emplear hipoclorito de sodio (NaClO), serán necesario un depósito de almacenamiento del producto de nuevo como para el caso del coagulante con una autonomía de 15 días y las bombas correspondientes. La dosificación se realiza entre el tanque de flotación y el filtro multimedia mediante una bomba dosificadora con caudal unitario igual o superior a 35 l/h y una disposición 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 12.5 m<sup>3</sup>.

## **3. Regulación pH**

Con el objetivo de regular el pH se emplea Ácido Sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> la adición se realiza también antes de la etapa de filtro de doble medio, de manera análoga a la etapa de desinfección.

La bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 25 l/h y con disposición 1 + 1R. El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar para tener una autonomía de 15 días es de 8.7 m<sup>3</sup>.

#### 4. Filtro multimedia

La eliminación de partículas y sólidos mediante el método de flotación por aire disuelto no es suficiente para la completa eliminación de los mismos por lo que es necesario añadir una etapa de pretratamiento físico para proteger las membranas impermeables de posibles atascamientos o daños producidos por los sólidos en suspensión. Para proceder con ello se emplea un filtro multimedia, concretamente un filtro de arena y grava horizontal diseñado para flujos de filtrado elevados, escogiendo uno de los filtros del catálogo de Inter Water.

Serán necesarios 9 filtros de 250 m<sup>3</sup>/h, con 4 m de longitud, un diámetro de 1.8 m y un área filtrante de 6.25 m<sup>2</sup>.



*Ilustración 21: Filtro multimedia Inter Water*

Los conductos que conectan el tanque de flotación DAF con la etapa de filtrado de doble medio son dos tuberías SDR33 de 450 mm y se necesitarán dos bombas que aporten una potencia neta de 131.11 kW.

#### 5. Decloración

La decloración es necesaria para evitar daños en las membranas de ósmosis inversa puesto que el cloro es extremadamente agresivo para ellas. El declorante que se va a emplear es el Bisulfito Sódico NaHSO<sub>3</sub>, y se dosifica entre el filtro multimedia y los filtros de cartuchos.

La bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 72 l/h y con disposición 1 + 1R. El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar para tener una autonomía de 15 días es de 25.5 m<sup>3</sup>.

#### 6. Filtros de cartuchos

Previamente a la llegada del caudal a los bastidores de ósmosis inversa debe trasegar a través de unos filtros de cartucho con el objetivo de garantizar el mínimo nivel de filtración requerido por los fabricantes de membranas de ósmosis inversa de 5 micras. Puesto que las membranas de ósmosis inversa tienen como objetivo separar las sales del agua y no actuar como medios filtrantes.

Se ha escogido un filtro de cartucho del fabricante TREPOVI, fabricados en PRFV, diseñados para ambientes exigentes como son las plantas desaladoras.



**Ilustración 22: Filtro vertical fabricante TREPOVI**

El filtro seleccionado es el modelo FCV2-1800-70, se trata de un filtro de cartuchos vertical de dos cuerpos, con una altura total de 4.86 m, 511 cartuchos de 1.778 m de longitud cada uno y un diámetro de 1.8 m.

El conducto para hacer llegar el agua desde el filtro multimedia hasta los filtros de cartuchos será una tubería SDR33 de diámetro 630 mm y la bomba tendrá una potencia neta de 248.72 kW.

## **7. Antiincrustante**

Para finalizar con el pretratamiento es necesario añadir un antiincrustante para evitar la precipitación de sales como sulfatos de estroncio, sulfatos de bario o carbonato cálcico que obstruyen las membranas y provocan atascamientos dando problemas de mantenimiento y reduciendo la vida útil de las membranas. La dosificación del antiincrustante se realizará simultáneamente a la cloración. En este caso se seguirán las recomendaciones del fabricante en cuanto a dosificación del producto.

En todas las fases de dosificación del proceso de pretratamiento será necesaria la instalación de instrumentación que detecte los niveles mínimos y máximos de cada producto y el pH para detectar posibles desviaciones y tomar las medidas necesarias con la ayuda de sistemas de control. Además, de las bombas dosificadoras y los correspondientes tanques de almacenamiento de producto.

En las tablas 8 y 9 se pueden ver los equipos necesarios para la etapa de pretratamiento.



Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>PRETRATAMIENTO</b>		
Conductos piscina de captación a DAF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 2</li> <li>- Longitud 280 m</li> <li>- Diámetro 500 mm</li> <li>- Calibre SDR33</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba captación a DAF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Caudal 0.31 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- Potencia 252.51 kW</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque DAF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 2500 m<sup>3</sup>/h</li> </ul>	Fabricante SIGMA ES FPBC3000CW
Bomba dosificadora FeCl <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 40 l/h</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque FeCl <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 14 m<sup>3</sup></li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba dosificadora NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 35 l/h</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 12.5 m<sup>3</sup></li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba dosificadora H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 25 l/h</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 8.7 m<sup>3</sup></li> </ul>	Sin seleccionar
Filtro multimedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 9</li> <li>- Caudal 250 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Longitud 4 m</li> <li>- Diámetro 1.8 m</li> </ul>	Fabricante Inter Water
Conductos DAF a Filtro multimedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 2</li> <li>- Longitud 320 m</li> <li>- Diámetro 450 mm</li> <li>- Calibre SDR33</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba DAF a Filtro multimedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Caudal 0.31 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- Potencia 131.11 kW</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba dosificadora NaHSO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 72 l/h</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque NaHSO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 25.5 m<sup>3</sup></li> </ul>	Sin seleccionar
Filtro de cartuchos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura 4.86 m</li> <li>- Diámetro 1.8 m</li> </ul>	Fabricante TREPOVI FCU2-1800-70

**Tabla 8: Equipos necesarios pretratamiento (1/2)**

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>PRETRATAMIENTO</b>		
Conductos Filtro multimedia a Filtro de cartuchos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 1</li> <li>- Longitud 20 m</li> <li>- Diámetro 630 mm</li> <li>- Calibre SDR33</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba Filtro multimedia a Filtro de cartuchos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 0.62 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- Potencia 248.72 kW</li> </ul>	Sin seleccionar

**Tabla 9: Equipos necesarios pretratamiento (2/2)**

## 11.4. Bastidores de membranas de ósmosis inversa

Una vez finalizadas las etapas de pretratamiento el siguiente paso del proceso es la desalación, el paso principal de la planta. Como se ha descrito previamente la desalación en la planta se va a realizar mediante ósmosis inversa. Tal y como se ha explicado en apartados anteriores, la ósmosis inversa consiste en la separación del agua de alimentación en los bastidores de ósmosis en dos corrientes mediante el empleo de una membrana semipermeable que permite el paso del líquido, pero no de las sales. Dando lugar a la corriente de permeado (producto) y a la corriente de rechazo (salmuera).

La etapa de ósmosis inversa consiste en una etapa previa de bombeo que debe asegurar que la presión sea superior a la presión osmótica para que posteriormente el caudal sea capaz de pasar por la etapa de bastidores de ósmosis inversa. El diseño de los bastidores se va a realizar para obtener el rendimiento deseado del 45%.

Los bastidores estarán formados por:

### 1. Membranas

Se ha seleccionado el modelo de membrana TM820V-440 del fabricante TORAY, que es una membrana de poliamida aromática diseñada especialmente para su aplicación en la desalinización de agua de mar.



**Ilustración 23: Membrana fabricante TORAY**

## 2. Tubos de presión

Cada tubo de presión contendrá 7 membranas, requiriendo así 206 tubos y 1442 membranas en total.

Los tubos de presión a emplear son del fabricante CODELINE, concretamente los de la serie OCTA 80S que están especialmente diseñados para contener membranas de ósmosis inversa de 8" y que además tienen una capacidad para contener de 1 a 8 membranas. Son necesarios 206 tubos de presión como se ha calculado previamente.



**Ilustración 24: Tubos de presión fabricante CODELINE**

Los tubos de presión se dispondrán de manera horizontal con entrada frontal y se apilarán en vertical para reducir el espacio a emplear, formando cuatro bloques con capacidad para 52 tubos cada bloque, con 6 columnas de tubos y 9 alturas, lo que deja dos huecos libres en la parte superior de los bloques.

Aparte de los elementos que forman los bastidores para la etapa de ósmosis inversa también son necesarios:

### 3. Conductos desde los filtros de cartucho hasta los bastidores de ósmosis inversa y el grupo de bombeo de alta presión

Se dispondrán cuatro tuberías SDR13.6 de diámetro 400 mm y serán necesarias cuatro bombas que aporten una potencia de 854.74 kW.

### 4. Recuperadores de energía

Una de las problemáticas de los sistemas de desalación por ósmosis inversa son los altos consumos de energía llegando a superar el 40% de los costes de operación de la planta, por ello la tendencia es a emplear recuperadores de energía con el objetivo de reducir dicho coste de operación.

Es habitual emplear la presión de salida de la salmuera para recuperar la energía e introducir la presión recuperada en el caudal de alimentación reduciendo así la energía a aportar por el grupo de bombas de alta presión.

En la actualidad hay dos tipos principales de recuperadores de energía:

- Turbinas de recuperación energética
- Intercambiador de presión

Con las turbinas se consiguen ahorros del 30-45% y tienen un coste menor mientras que con los intercambiadores de presión se consiguen ahorros del 40-65% pero suponen una inversión inicial mayor debido a su elevado coste.

En este proyecto se va a emplear el sistema de recuperación energética mediante una turbina Pelton puesto que supone un menor coste inicial, tiene una instalación más sencilla y unos reducidos costes de mantenimiento en comparación con los intercambiadores de presión que son sistemas más complejos.

Será necesaria una turbina Pelton capaz de recuperar 1463.37 kW, lo que reduciría el consumo energético de las bombas a un 42.64 % del que se necesitaría sin ella.

La turbina Pelton se sitúa entre las bombas y los bastidores de ósmosis inversa, para impulsar la corriente de alimentación con la corriente de rechazo como se ha explicado previamente.

## **5. Sistema de limpieza de las membranas**

La limpieza de membranas en los sistemas de ósmosis inversa es crucial por varias razones:

- Evitar que se reduzca el rendimiento de la instalación: se tienden a acumular sedimentos, minerales, bacterias y otros contaminantes en las membranas a pesar de que se intenta evitar tanto con las etapas de pretratamiento como con la adición de antiincrustante, es inevitable que con el uso esto acabe sucediendo. Esta reducción de rendimiento en las membranas supone una reducción en la tasa de flujo del sistema reduciendo la producción de permeado.
- Prolongación de la vida útil de las membranas: el remplazo de membranas es algo costoso por lo que es importante tratar de reducir estos remplazos a los necesarios, así pues, realizando una limpieza y mantenimiento adecuados de las membranas se pueden reducir los daños en ellas.
- Mantener la calidad del agua: la calidad del producto de la planta desalinizadora depende directamente de la eficacia con la que las membranas eliminan las sales y es un parámetro fundamental en la planta que no puede verse alterado puesto que podrían dejarse de cumplir los requisitos establecidos para la distribución del agua.
- Ahorro de energía y costos: las obstrucciones en las membranas producen un aumento de la presión necesaria para forzar el caudal de agua a través de ellas lo que aumenta el consumo de energía lo que a su vez aumenta los costos operativos, además de los costes adicionales mencionados previamente en caso de necesidad de remplazo de membranas.

Es por todo ello que un sistema de limpieza y mantenimiento adecuados en las membranas semipermeables de ósmosis inversa supone una gran diferencia en el desempeño global de la planta desalinizadora.

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

Para garantizar la correcta limpieza de las membranas se realiza un sistema de limpieza química. El fabricante de las membranas TORAY establece que la limpieza debe hacerse cuando:

1. La presión diferencial normalizada aumente más del 20%; o
2. La tasa de flujo de permeado normalizado disminuya más del 10%; o
3. El pasaje de sal normalizado aumente más del 20%.

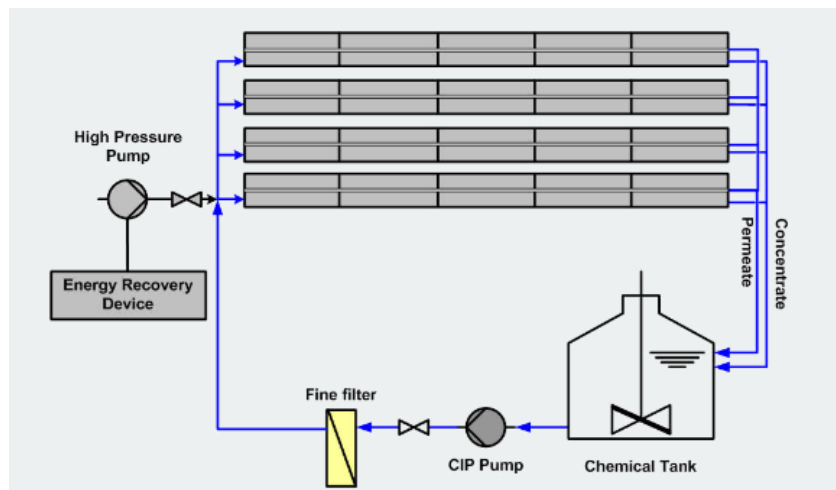
Pero típicamente las membranas deben ser limpiadas cuando se cumple alguno de los siguientes casos que son más restrictivos que los del fabricante y son los que se tendrán en cuenta de cara a la realización de las limpiezas.

- El Flujo de permeado normalizado varía en 10-15%
- La presión de alimentación normalizada varía en 10-15%
- La conductividad del permeado normalizado varía en 10-15%
- La caída de presión entre alimentación y concentración varía en 10-15%

Si no se cumple con las limpiezas requeridas comenzarán a aparecer los problemas expuestos previamente, reduciendo tanto el rendimiento de la instalación como su vida útil y los tiempos entre cada requerimiento de limpieza se irán reduciendo.

Debido al tamaño de la planta desalinizadora el sistema de limpieza esta constituido por un tanque químico con agitador, una bomba y un filtro para evitar que los desechos entren de nuevo en las membranas.

El esquema que seguiría este sistema de limpieza química se puede ver en el diagrama 8.



**Diagrama 8: Esquema del sistema de limpieza química de LENNTECH**

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

### Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

Dentro de las instrucciones del fabricante de las membranas se describe el proceso a seguir para su limpieza química y es el siguiente:

1. Enjuague con permeado de ósmosis inversa (RO) para reducir la conductividad y neutralizar el pH del lado de alimentación
2. Limpieza con EDTA-4Na:

1,0% en peso, pH 11,0 ajustado con NaOH, a 35°C.

1 hora de recirculación seguida de 1 hora de remojo, repetir tres veces y luego dejar en remojo durante la noche.

3. Enjuague con permeado
4. Limpieza con ácido cítrico:

2,0% en peso, sin ajuste de pH; el pH debe ser superior a 2,0, a 35°C.

1 hora de recirculación seguida de 1 hora de remojo, repetir dos veces.

5. Enjuague con permeado

Las instrucciones más detalladas pueden encontrarse en la guía técnica del fabricante y serán necesarias a la hora de realizar la puesta en marcha y programación de la instalación.

En el presente proyecto se va a dimensionar el volumen del tanque agitador, la bomba necesaria y el filtro previo a las membranas de ósmosis inversa.

El tanque agitador tendrá un volumen de 70 m<sup>3</sup>.

En caso de que haya una parada o un fallo en la planta las membranas de ósmosis inversa no pueden quedarse vacías por lo que este depósito además de formar parte del sistema de limpieza deberá ser capaz de llenar los tubos de las membranas de agua permeada en caso necesario para preservar las mismas de la corrosión y precipitaciones de sales no deseadas.

Para el sistema de limpieza se emplearán:

- Un filtro de cartuchos vertical de dos cuerpos de la marca TREPOVI, concretamente el modelo FCV2-1200-70
- Una tubería SDR26 de diámetro SDR26 400 mm
- Una bomba con potencia neta 113.68 kW

En la tabla 10 se puede ver un resumen de los elementos y equipos necesarios para la etapa de bastidores de ósmosis inversa.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>ÓSMOSIS INVERSA</b>		
Membranas	- Cantidad 1442	Fabricante TORAY TM820V-440
Tubos de presión	- Cantidad 206	Fabricante CODELINE
Bastidores		Sin seleccionar
Conductos Filtro de cartuchos a bastidores	- Cantidad tuberías = 4 - Longitud 150 m - Diámetro 400 mm - Calibre SDR13.6 - Material: PE	Sin seleccionar
Bomba Filtro de cartuchos a bastidores	- Cantidad = 4 - Caudal 0.15 m <sup>3</sup> /s - Potencia 857.84 kW	Sin seleccionar
Turbina Pelton	- Cantidad = 1 - Caudal 0.338 m <sup>3</sup> /s	Sin seleccionar
Tanque agitador	- Cantidad = 1 - Volumen 70 m <sup>3</sup>	Sin seleccionar
Filtros limpieza	- Cantidad = 1	Fabricante TREPOVI FCU2-1200-70
Conductos limpieza	- Cantidad tuberías = 1 - Longitud 70 m - Diámetro 400 mm - Calibre SDR26 - Material: PE	Sin seleccionar
Bomba limpieza	- Cantidad = 1 - Caudal 0.277 m <sup>3</sup> /s - Potencia 113.68 kW	Sin seleccionar

Tabla 10: Equipos necesarios ósmosis inversa

## 11.5. Post tratamiento del permeado

Tras la separación de las sales del agua en las membranas de ósmosis inversa se obtiene el caudal de permeado, este caudal todavía no está listo para el consumo puesto que requiere de un tratamiento para adecuarlo al mismo. Este post tratamiento consiste en la adecuación del permeado a las condiciones de utilización, puesto que a pesar de que el agua ya se encuentra libre de sales hay otras características que deben corregirse. Como es el caso del pH del agua ya que a la salida de los bastidores de ósmosis inversa el pH del permeado suele ser demasiado ácido para el consumo. Otras características a corregir son la concentración de iones de Calcio y la concentración de Boro, por lo que se requiere una remineralización del agua.

Los requisitos dependen del uso final que se le vaya a dar al agua en este caso se van a hacer los cálculos para producir agua potable, que requiere una dureza de 6 a 10 °D, en este caso se toma 8°D (100 mg/l CaCO<sub>3</sub>) y se debe cumplir que tenga bajos contenidos en sodio y alto contenido en calcio.

Si se requiriese agua de regadío debería obtenerse un equilibrio en la concentración de magnesio, sodio y calcio para asegurar su infiltración en el terreno y se debe eliminar el boro puesto que es nocivo para las plantas.

La remineralización del agua puede realizarse mediante diferentes técnicas siendo las más utilizadas:

1. Adición de Carbonato cálcico y dióxido de carbono
2. Adición de Hidróxido cálcico y dióxido de carbono

En este caso se va a emplear la primera opción, la dosificación del dióxido de carbono se realiza mediante dosificadores de baja presión, y posteriormente la adición de carbonato cálcico se consigue mediante lechos de calcita.

Se van a emplear tanto los dosificadores de dióxido de carbono como los lechos de calcita del fabricante DRINTEC especializado en la remineralización de agua desalada.

Los dosificadores de baja presión constan de un depósito disolvedor que dosifica el dióxido de carbono a contracorriente con una velocidad tal para no arrastrar las burbujas evitando la pérdida de gas por su parte superior. Además, dispone de difusores y dispositivos interiores que facilitan la mezcla del dióxido de carbono.

DRINTEC fabrica disolvedores de CO<sub>2</sub> a baja presión de flujo descendente, como se requiere un caudal de 23940 m<sup>3</sup>/día se van a emplear dos disolvedores con la mitad de caudal cada uno 11970 m<sup>3</sup>/día, ambos serán iguales y tendrán un diámetro de 2000 mm, una altura de 5750 mm fabricados de PRFV mediante bobinado de filamentos. Estos disolvedores irán directamente conectados a la salida de los bastidores de ósmosis inversa.



Características	
Diseñados para maximizar la disolución de CO <sub>2</sub> sin sobredosificar	
Presión de operación	0,2 bar mayor que la presión de agua de permeado
Presión nominal	2,5 bar
Presión de inyección del CO <sub>2</sub>	0,5 - 2,8 bar
Dirección del flujo	Descendente
Parte inferior del depósito	Curvo con 3 patas
Parte superior del depósito	Curvo con brida de purga
Pintura interna	Para agua potable
Pintura externa	Resistente a rayos UV
Temperatura de diseño	40/65 °C
Material requerido para la operación	CO <sub>2</sub> gaseoso
Norma de fabricación	UNE-EN-13121
País de fabricación	España

**Tabla 11: Características disolvedores de CO2 fabricante DRINTEC**



**Ilustración 25: Disolvedor de CO2 DRINTEC**

El lecho de calcita que se ha seleccionado es un lecho de calcita en celda rectangular de hormigón debido a la gran capacidad de caudal que tiene, requieren de obra civil para su implantación. Disponen de dosificadores de calcita granulada, aliviaderos perimetrales y suelos filtrantes.

El fabricante DRINTEC los fabrica a medida según las necesidades específicas del proyecto. Las dimensiones aproximadas del lecho serán de 4 m de ancho y 10 m de largo, el diseño incluye un sistema de recuperación de aguas turbias y de recirculación que garantiza un vertido cero y una autonomía de 30 días, dando una calidad del agua siempre constante, lo que reduce los costes de funcionamiento y mantenimiento.

Como estos lechos funcionan por gravedad con pérdida de carga baja pueden funcionar a la presión de salida del agua de los disolvedores de dióxido de carbono por lo que no se necesita ningún bombeo adicional. La presión de salida del lecho es la presión atmosférica.



**Ilustración 26: Exterior lecho de calcita rectangular de hormigón DRINTEC**



**Ilustración 27: Interior lecho calcita rectangular de hormigón DRINTEC**

Para su correcto funcionamiento serán necesarios 54.86 kg/h de calcita y 24.14 kg/ de CO<sub>2</sub>.

Como paso final el agua requiere la adición de cloro para eliminar elementos patógenos y perjudiciales para la salud, para ello se dosifica hipoclorito sódico (NaClO).

La dosificación se realizará a la salida del lecho de calcita la bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 31 l/h y una disposición de 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 11.5 m<sup>3</sup>.

Tras finalizar el post tratamiento el agua permeada cumple con la calidad requerida y es apta para consumo humano, dicha agua se almacenará como se explica en el siguiente punto.

En la tabla 12 se puede observar el resumen de los equipos necesarios para la etapa de post tratamiento.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>POST TRATAMIENTO</b>		
Disolvedor CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Caudal 11970 m<sup>3</sup>/día</li> <li>- Altura 5.75 m</li> <li>- Diámetro 2 m</li> </ul>	Fabricante DRINTEC
Lecho calcita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Tipo: celda rectangular de hormigón</li> <li>- Longitud 10 m</li> <li>- Ancho 4 m</li> <li>- Fabricada a medida</li> </ul>	Fabricante DRINTEC
Bomba dosificadora NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 31 l/h</li> </ul>	Sin seleccionar
Tanque NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 11.5 m<sup>3</sup></li> </ul>	Sin seleccionar

Tabla 12: Equipos necesarios post tratamiento

## 11.6. Almacenamiento agua potable

Una vez se ha obtenido un caudal de agua con las condiciones deseadas para su distribución resulta imprescindible su almacenamiento.

Dicho almacenamiento se realizará en dos depósitos cilíndricos de hormigón idénticos con las siguientes dimensiones con una altura de 25 m y un radio interior de 12.5 m.

Los conductos para trasegar el agua desde la salida del lecho de calcita hasta el depósito de agua potable. Se dispondrá una tubería SDR33 de diámetro 450 mm y será necesaria una bomba con una potencia neta de 71.57 kW.

En la tabla 13 se puede ver un resumen de los equipos necesarios para el almacenamiento del agua potable.

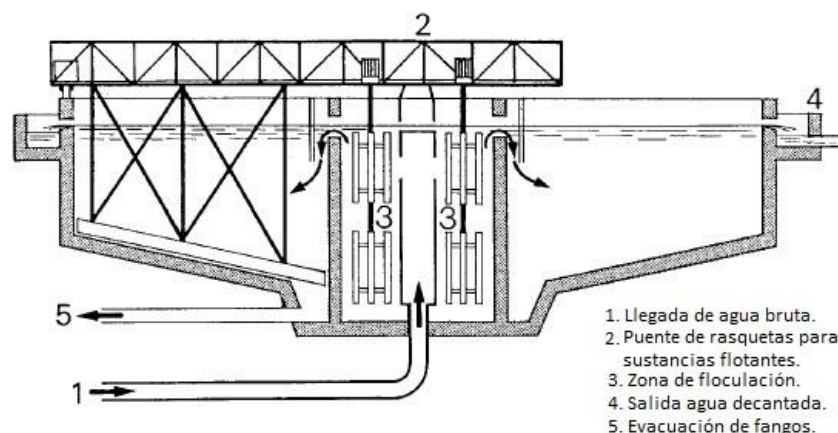
Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE</b>		
Depósito agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Altura 25 m</li> <li>- Radio 12.5 m</li> <li>- Material: hormigón</li> </ul>	Sin seleccionar
Conductos lecho calcita a deposito agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 1</li> <li>- Longitud 100 m</li> <li>- Diámetro 450 mm</li> <li>- Calibre SDR33</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar
Bomba lecho calcita a deposito agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 0.277 m³/s</li> <li>- Potencia 71.57 kW</li> </ul>	Sin seleccionar

**Tabla 13: Equipos necesarios almacenamiento agua potable**

### 11.7. Tratamiento aguas de rechazo y de limpieza

Es necesario realizar un tratamiento tanto al caudal de rechazo, es decir la salmuera como a las aguas de limpieza de las membranas o los lodos y flujos retirados en los procesos de pretratamiento y postratamiento. Con ese objetivo se ha decidido instalar un depósito de decantación en la planta que servirá como depósito pulmón del agua rechazada que posteriormente se verterá al mar mediante el emisario submarino además de neutralizar y recoger los fangos producidos.

El caudal de rechazo de los bastidores es de 1219.17 m³/h por lo que el caudal para el que se debe diseñar el depósito debe ser mayor, y debe tener un volumen útil que permita almacenar el caudal de por lo menos 1 hora de operación a pleno rendimiento de la planta por lo que se va a fijar un volumen útil de depósito de 1500 m³. Se tratará de un depósito circular de hormigón con una inclinación de 45°.



**Diagrama 9: Esquema decantador circular**

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

### Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

Como se puede ver en el diagrama 9 las sustancias flotantes son recogidas por el puente de rasquetas y se producen dos flujos de salida:

- Una corriente de fangos que se envía por gravedad a un equipo de centrifugación donde se separan los sólidos y fangos del agua. Los fangos se envían a una cuba de recogida de fangos utilizando un tornillo sin fin y el agua se recircula al decantador.
- Un caudal de agua que será el que vaya al emisario submarino.

La tubería del caudal de rechazo hasta el depósito de decantación trasegará el caudal de rechazo del proceso de ósmosis inversa será una tubería SDR17 de diámetro 560 mm y requerirá una bomba con una potencia neta de 2.5 kW.

La tubería que trasegará el caudal de mezcla para reducir la concentración de sales será SDR26 de diámetro 450 mm y será necesaria una bomba con una potencia neta de 4.78 kW.

En la tabla 14 se puede ver un resumen de los equipos necesarios para la etapa de tratamiento de aguas de rechazo y limpieza.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>TRATAMIENTO AGUAS RECHAZO Y LIMPIEZA</b>		
Deposito decantación	- Volumen 1500 m <sup>3</sup>	Sin seleccionar
Conductos bastidores a deposito decantación	- Cantidad tuberías = 1 - Longitud 150 m - Diámetro 560 mm - Calibre SDR17 - Material: PE	Sin seleccionar
Bomba lecho calcita a deposito agua potable	- Cantidad = 1 - Caudal 0.277 m <sup>3</sup> /s - Potencia 2.5 kW	Sin seleccionar
Conductos piscina de captación a salida deposito decantación	- Cantidad tuberías = 1 - Longitud 300 m - Diámetro 450 mm - Calibre SDR26 - Material: PE	Sin seleccionar
Bomba piscina de captación a salida deposito decantación	- Cantidad = 1 - Caudal 0.249 m <sup>3</sup> /s - Potencia 4.78 kW	Sin seleccionar

**Tabla 14: Equipos necesarios tratamiento aguas rechazo y limpieza**

## 11.8. Emisario submarino

El agua rechazada obtenida en la planta a la salida del decantador se va a devolver al mar mediante un emisario submarino fabricado en el mismo material que el inmisario. El emisario debe diseñarse tratando de minimizar el impacto sobre la biota marina y por ello se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Evitar curvas: donde puedan almacenarse restos de sedimentos provocando atascamientos
- Mantener una pendiente razonable para que no se acumulen sólidos ni suciedad.
- Asegurar su estabilidad y fijación al fondo
- Protección contra impactos especialmente en la zona de rompientes

Además, de estas recomendaciones como se ha explicado en el punto 4.2 se va a emplear agua captada directamente del mar y almacenada en la piscina de captación para reducir la concentración salina del agua emitida al mar de manera que se reduzcan las posibles repercusiones en la biota marina.

El emisario tendrá una longitud de 1500 m y una velocidad de circulación máxima de 1 m/s, se localizará lejos de la torre de toma, con un diámetro de 1000 mm SDR21. Una vez alcanzados los 1500 m de longitud el emisario se divide en dos conductos en forma de Y en los cuales se dispondrán los difusores con una inclinación de 45° respecto a la línea de costa y separados entre sí 3 m. Se van a emplear 12 difusores de 0.1 m de diámetro.



**Ilustración 28: Ejemplos de emisarios submarinos con difusores**

En la tabla 15 se puede ver un resumen de las características del emisario submarino.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>EMISARIO SUBMARINO</b>		
Emisario submarino	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad tuberías = 1</li> <li>- Longitud 1500 m rectos</li> <li>- Dos conductos en Y de 32 m</li> <li>- Diámetro 1000 mm</li> <li>- Calibre SDR21</li> <li>- 6 difusores/conducto en Y, con diámetro 0.1 m e inclinación 45° respecto a línea costa</li> <li>- Material: PE</li> </ul>	Sin seleccionar

**Tabla 15: Equipos necesarios vertido de salmuera**

## 11.9. Equipos seleccionados a lo largo de la solución adoptada

A lo largo de la descripción de la solución adoptada se han seleccionado algunos de los equipos principales necesarios estos se encuentran resumidos en la tabla 16. Mientras que la mayoría de los equipos están sin seleccionar, dicha selección se realiza a lo largo del punto 12.

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
<b>PRETRATAMIENTO</b>		
Tanque DAF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Caudal 2500 m<sup>3</sup>/h</li> </ul>	Fabricante SIGMA ES FPBC3000CW
Filtro multimedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 9</li> <li>- Caudal 250 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Longitud 4 m</li> <li>- Diámetro 1.8 m</li> </ul>	Fabricante Inter Water
<b>ÓSMOSIS INVERSA</b>		
Membranas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad 1442</li> </ul>	Fabricante TORAY TM820V-440
Tubos de presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad 206</li> </ul>	Fabricante CODELINE
Filtros limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> </ul>	Fabricante TREPOVI FCU2-1200-70
<b>POST TRATAMIENTO</b>		
Disolvedor CO2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Caudal 11970 m<sup>3</sup>/día</li> <li>- Altura 5.75 m</li> <li>- Diámetro 2 m</li> </ul>	Fabricante DRINTEC
Lecho calcita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Tipo: celda rectangular de hormigón</li> <li>- Longitud 10 m</li> <li>- Ancho 4 m</li> <li>- Fabricada a medida</li> </ul>	Fabricante DRINTEC

*. Tabla 16: Resumen de equipos ya seleccionados*

## 12. Selección de equipos

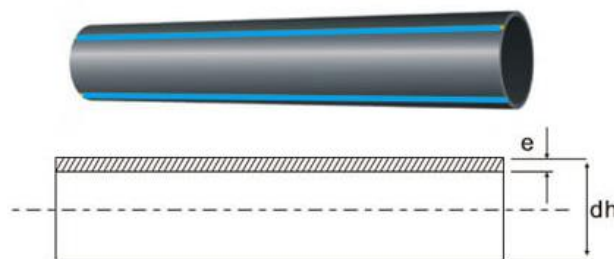
Algunos de los equipos han sido seleccionados a lo largo de la selección adoptada, pero muchos de ellos están todavía sin seleccionar y solamente han sido dimensionados.

Para facilitar la selección del resto de los equipos se ha hecho la siguiente división por grupos como se puede apreciar a continuación:

- Tuberías
- Bombas dosificadoras
- Bombas principales
- Depósitos
- Tanques
- Otros equipos

### 12.1. Selección de tuberías

Se seleccionan tuberías de poliestireno de alta densidad concretamente de PE100, como los diámetros y espesores están normalizados y estandarizados para los calibres todos los fabricantes disponen de tuberías que cumplan con las especificaciones de la tabla 5 de la cual se han ido seleccionando los diámetros.



*Ilustración 29: Tubería de poliestireno*

El fabricante elegido es PUHUI y algunas de las características de las tuberías proporcionadas por el fabricante son las siguientes:

- Uniones termofusionadas, totalmente retenidas y sin fugas
- Excelente resistencia química: no se oxida, pudre, tuberculiza, corroe ni favorece el crecimiento biológico
- Superficie interior lisa que da lugar a excelentes características de flujo
- Alta capacidad para presiones superiores a la de trabajo
- Extraordinaria resistencia a la fatiga y al impacto
- Resistencia a los rayos UV a largo plazo

Las tuberías necesarias son las resumidas en la tabla 17.



Nombre del equipo	Calibre	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Cantidad
Inmisario submarino	SDR21	1200	900	1
Conductos piscina de captación a DAF	SDR33	500	280	3
Conductos DAF a Filtro multimedia	SDR33	450	320	3
Conductos Filtro multimedia a Filtro de cartuchos	SDR33	630	20	1
Conductos Filtro de cartuchos a bastidores	SDR13.6	400	150	5
Conductos limpieza	SDR26	400	70	1
Conductos lecho calcita a deposito agua potable	SDR33	450	100	1
Conductos bastidores a deposito decantación	SDR17	560	150	1
Conductos piscina de captación a salida deposito decantación	SDR26	450	300	1
Emisario submarino	SDR21	1000	1500	1

**Tabla 17: Tuberías necesarias y sus principales características**

## 12.2. Selección de bombas dosificadoras

Las bombas dosificadoras tienen todas una configuración de  $X + 1 R$  siendo  $X$  la cantidad de bombas necesarias, es decir, en todas ellas se dispone de una bomba de repuesto para poder seguir trabajando sin tener que parar en caso de que una de las bombas necesite mantenimiento, reparación o sustitución.

Se selecciona el proveedor de equipos DMT-systems que vende las bombas del fabricante Milton Roy junto con los elementos auxiliares y adicionales necesarios.

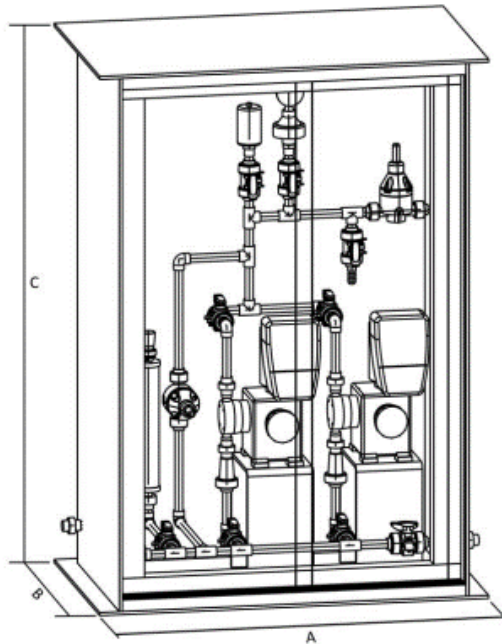
El conjunto comprende los siguientes elementos:

- 2 bombas Dosificadoras Milton Roy Serie GM. Con VFD. Instalación con colector de aspiración DN-15 e impulsión DN-15.
- 1 estructura plástica con envoltorio en PEHD y soporte para montaje de todos los elementos, que incluye los siguientes componentes:
  - Válvulas antirretornos
  - Válvula de toma de muestras
  - Válvula de vaciado
  - Válvulas de corte
  - 2 válvulas de seguridad
  - 1 válvula contrapresión
  - 1 manómetro
  - 1 amortiguador de pulsaciones
  - Depósito de calibración
  - 1 filtro en Y
  - 1 armario eléctrico de control

## TRABAJO FIN DE MÁSTER - MEMORIA

Diseño de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la provincia de Castellón

El conjunto se suministra completamente montado con tuberías en PP siendo solamente necesario anclar la unidad sobre la cimentación, y realizar la alimentación al armario eléctrico y las conexiones hidráulicas precisa y el precio del proveedor incluye todo el conjunto.



**Ilustración 30: Conjunto de bombas suministrado por DMT-systems**

Como se ha mencionado previamente las bombas que forman parte del conjunto son las Milton Roy de la serie GM.



**Ilustración 31: Bomba dosificadora serie GM**

Datos técnicos necesarios para proceder a la selección de las bombas:

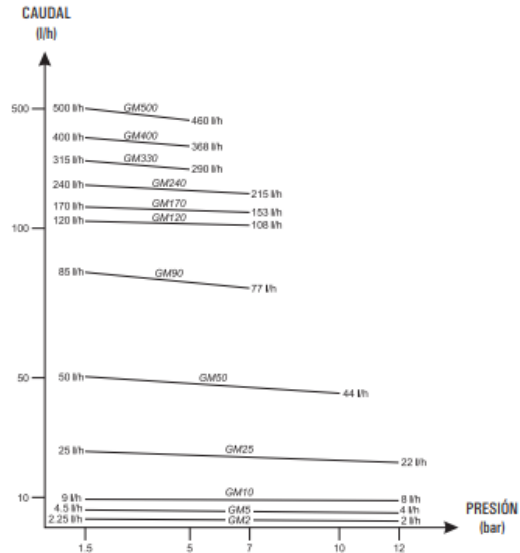


**Datos técnicos**

Tipo	Caudal máx. (l/h) <sup>(1)</sup> a 1.5 bar	Presión máx. (bar)	Long. carrera (mm)	Cadencia (gpm) <sup>(1)</sup>	Velocidad motor (rpm) <sup>(1)</sup>	Potencia (W)	
						Mono	Tri
GM 2	2.25	12	4	36	1500	180	90
GM 5	4.5	12	4	72	1500	180	90
GM 10	9	12	4	144	1500	180	90
GM 25	25	12	6	72	1500	180	90
GM 50	50	10	6	144	1500	180	90
GM 90	85	7	6	72	1500	180	90
GM 120	120	7	8	72	1500	180	90
GM 170	170	7	6	144	1500	180	90
GM 240	240	7	8	144	1500	180	120
GM 330	315	5	8	144	1500	180	120
GM 400	400	5	10	144	1500	180	250
GM 500	500	5	10	180 <sup>(2)</sup>	1500	250	250

<sup>(1)</sup> Valores con motor a 50 Hz (multiplicar por 1.2 para 60 Hz)

<sup>(2)</sup> No utilizar con motor a 60 Hz



**Ilustración 32: Tabla y gráfico de las bombas serie GM Milton Roy**

Teniendo esto y el catálogo en cuenta los equipos seleccionados quedan resumidos en la tabla 18.

Nombre del equipo	Cantidad	Caudal (l/h)	Equipo seleccionado
Conjunto bomba dosificadora FeCl3	1	40	Equipo DMT de la serie Dosapack / Dosaskid PD Modelo: PD-C3A1.B2/B1.B2.B1.BA.2.B1.B1.A1.C2.A1.A1.A1 que incluye 2 Bombas Dosificadoras Milton Roy GM ref GM25P4Q4SHX
Conjunto bomba dosificadora NaClO	1	35	Equipo DMT de la serie Dosapack / Dosaskid PD Modelo: PD-C3A1.B1/C1.B2.C1.CA.2.C1.C1.A1.C2.A1.A1.A1 que incluye 2 bombas MILTON ROY Ref GM25P4T4S
Conjunto bomba dosificadora H2SO4	1	25	Equipo DMT de la serie Dosapack / Dosaskid PD Modelo: PD-C3A1.B5/D1.B2.D1.DA.2.D1.D1.A1.C2.A1.A1.A1 que incluye 2 Bombas Dosificadoras Milton Roy GM Ref GM25D4QF4SHX
Conjunto bomba dosificadora NaHSO3	1	72	Equipo DMT de la serie Dosapack / Dosaskid PD Modelo: PD-C3A1.B2/E3.B2.E1.BD.2.E1.E1.A1.C2.A1.A1.A1 que incluye 2 Bombas Dosificadoras Milton Roy GM GM90P40Q4S
Conjunto bomba dosificadora NaClO	1	31	Equipo DMT de la serie Dosapack / Dosaskid PD Modelo: PD-C3A1.B1/C1.B2.C1.CA.2.C1.C1.A1.C2.A1.A1.A1 que incluye 2 bombas MILTON ROY Ref GM25P4T4S

**Tabla 18: Resumen bombas dosificadoras seleccionadas**

### 12.3. Selección de bombas principales

Al igual que para las bombas dosificadoras el resto de las bombas también tienen todas una configuración de  $X + 1 R$  siendo  $X$  la cantidad de bombas necesarias. En aquellos casos en los que solo hay una tubería se pone una bomba con bypass sin tubería adicional y en aquellos en los que hay más de una tubería se dispone una tubería con una bomba adicional en standby que solo entrara a funcionar en caso necesario.

Se han valorado 3 opciones para seleccionar fabricante: SULZER, HYOSUNG o TORISHIMA. Con el fin de unificar y facilitar el mantenimiento de los repuestos una vez la planta se encuentre en funcionamiento se ha elegido SULZER como único fabricante para todas las bombas principales. Se ha elegido dicho fabricante debido a que tiene bombas especializadas para los procesos de desalación, las bombas elegidas son de 4 tipos:

1. Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD: están diseñadas para trabajar con agua de mar.



**Ilustración 33: Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD SULZER**

2. Bomba AHLSTAR A de proceso centrífugas mono etapa de aspiración axial: se utilizan en aplicaciones industriales exigentes garantizando la fiabilidad, altos rendimientos y bajos costes de operación.



**Ilustración 34: Bomba AHLSTAR A de proceso centrífugas mono etapa de aspiración axial SULZER**

3. Bomba MBN-RO de sección anular multietapa: están diseñadas para la alimentación de agua de mar a alta presión a las membranas de ósmosis inversa en aplicaciones de desalación.



**Ilustración 35: Bomba MBN-RO de sección anular multietapa SULZER**

4. Bomba NRN de proceso horizontal monoetapa de aspiración axial: es capaz de aguantar altas presiones



**Ilustración 36: Bomba NRN de proceso horizontal monoetapa de aspiración axial SULZER**

En la tabla 19 se pueden ver las características principales de las bombas seleccionadas.

Nombre del equipo	Cantidad	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (mca)	P neta (kW)	P requerida (kW)	Tipo
Bomba captación	2	0.87	15.80	137.97	180.35	Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD
Bomba captación a DAF	3	0.31	81.40	252.21	329.69	Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD
Bomba DAF a Filtro multimedia	3	0.31	42.27	113.11	147.86	Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD
Bomba Filtro multimedia a Filtro de cartuchos	2	0.62	40.10	248.72	325.12	Bombas AHLSTAR A de proceso centrífugas monoetapa de aspiración axial
Bomba Filtro de cartuchos a bastidores	5	0.15	551.13	857.84	1,121.36	Bomba MBN-RO de sección anular multietapa
Bomba limpieza	2	0.277	40.70	113.68	148.60	Bombas AHLSTAR A de proceso centrífugas monoetapa de aspiración axial
Bomba lecho calcita a deposito agua potable	2	0.28	25.64	2.50	3.27	Bombas AHLSTAR A de proceso centrífugas monoetapa de aspiración axial
Bomba piscina de captación a salida deposito decantación	2	0.249	1.90	4.78	6.25	Bomba de cámara partida axialmente y doble aspiración SMD
Bomba de bastidores a decantación	2	0.338	0.70	2.50	3.27	Bomba NRN de proceso horizontal monoetapa de aspiración axial

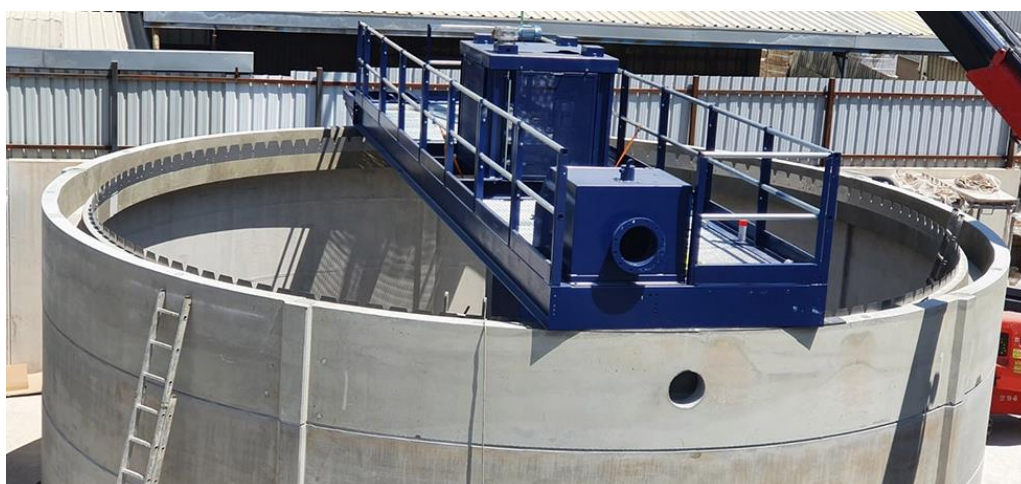
**Tabla 19: Resumen características bombas principales seleccionadas**

## 12.4. Selección de depósitos

Tanto la piscina de captación como los dos depósitos de agua potable serán realizados por la constructora y por tanto no es necesario seleccionar fabricante ni equipo, se fabricarán de hormigón armado, habitualmente se emplean módulos prefabricados.

Mientras que el depósito de decantación además de la estructura requiere de la instalación de equipos y ciertos elementos específicos por lo que si se procede a seleccionar un fabricante.

Se ha seleccionado el fabricante Aquadeposits que fabrica depósitos de hormigón circulares con canal de decantación aptos para depuración industrial o residual y que requieren una obra civil complementaria muy sencilla y económica de ejecutar.



**Ilustración 37: Depósito decantación fabricante Aquadeposits**

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
Piscina captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 8250 m<sup>3</sup></li> <li>- Profundidad 5.5 m</li> <li>- Longitud 50 m</li> <li>- Ancho 30 m</li> <li>- Material: hormigón</li> </ul>	-
Depósito agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Volumen 12272 m<sup>3</sup></li> <li>- Altura 25 m</li> <li>- Radio 12.5 m</li> <li>- Material: hormigón</li> </ul>	-
Deposito decantación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad =1</li> <li>- Volumen 1570 m<sup>3</sup></li> <li>- Radio 10 m</li> <li>- Altura 5 m</li> </ul>	Aquadeposits

**Tabla 20: Resumen características depósitos seleccionados**

## 12.5. Selección tornillo sin fin para compactación de fangos

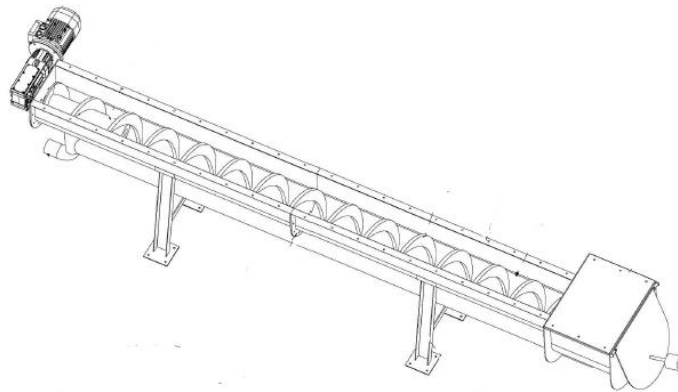
A la salida de los fangos o lodos del depósito de decantación se conectará un tornillo de compactación que sirve para compactación y deshidratación de lodos de manera que los residuos a desechar sean de un menor volumen de los que produce en sí el depósito de decantación. Esto permite que se almacenen en menores espacios y que sean llevados con mayor facilidad al lugar correspondiente para su correcta gestión.

Los lodos de los procesos de pretratamiento también serán compactados en el tornillo sin fin.

En este caso se va a emplear un tornillo sin fin compactador del fabricante Ddeyma que retira los sólidos provenientes del depósito de decantación los compacta y deshidrata reduciendo su volumen hasta un 50 %.

El equipo está formado por:

- Grupo motriz
- Canal transportador
- Boca de carga
- Tornillo sin fin
- Cámara de compactación



**Ilustración 38: Tornillo sin fin compactador Ddeyma**

Nombre del equipo	Características principales	Equipo seleccionado
Tornillo compactación de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Potencia 50 kW</li> </ul>	Ddeyma

**Tabla 21: Resumen características tornillo compactador**

## 12.6. Selección tanques

Para la selección de los tanques se ha elegido al fabricante TREPOVI y se seleccionan depósitos verticales cerrados. Se escoge el depósito de menor tamaño posible que cumple con el volumen mínimo de diseño previamente calculado para cada caso.



**Ilustración 39: Depósito vertical cerrado fabricante TREPOVI**

Nombre del equipo	Características principales	Fabricante	Modelo
Tanque FeCl <sub>3</sub> y Tanque NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Volumen 15 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro 2250 mm</li> <li>- Altura 4050 mm</li> </ul>	TREPOVI	DVST-015- 2250
Tanque H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 10 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro 2250 mm</li> <li>- Altura 2800 mm</li> </ul>	TREPOVI	DVST-010- 2250
Tanque NaHSO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 30 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro 2500 mm</li> <li>- Altura 6400 mm</li> </ul>	TREPOVI	DVST-030- 2500
Tanque NaClO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 12 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro 2250 mm</li> <li>- Altura 3300 mm</li> </ul>	TREPOVI	DVST-012- 2250
Tanque agitador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Volumen 70 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro 4000 mm</li> <li>- Altura 5950 mm</li> </ul>	TREPOVI	DVST-070- 4000

**Tabla 22: Resumen tanques seleccionados**



## 12.7. Selección agitador

Además, se debe seleccionar el agitador para el tanque agitador para ello se recurre al fabricante FluidMix, y de su catálogo se elige la serie VPT, válido para tanques de 10 a 100 m<sup>3</sup> con perfil axial de tres palas tipo T. Se debe colocar en una posición centrada y cumpliendo la siguiente relación:  $d/D = 0,3-0,5$  para una alta agitación.



**Ilustración 40: Relación a cumplir entre diámetro del tanque y del agitador según FluidMix**

Por lo que teniendo en cuenta que el diámetro del tanque es de 4000 mm se selecciona el agitador con el diámetro de:

$$\varnothing \text{ agitador} = 0.3 * 4000 = 1200 \text{ mm}$$



**Ilustración 41: Agitador FluidMix serie VPT**

Nombre del equipo	Características principales	Fabricante	Modelo
Agitador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Diámetro 1200 mm</li> <li>- Potencia 3 kW</li> <li>- Velocidad 75 rpm</li> </ul>	FluidMix	VPT3-09 12 C 08/34.6

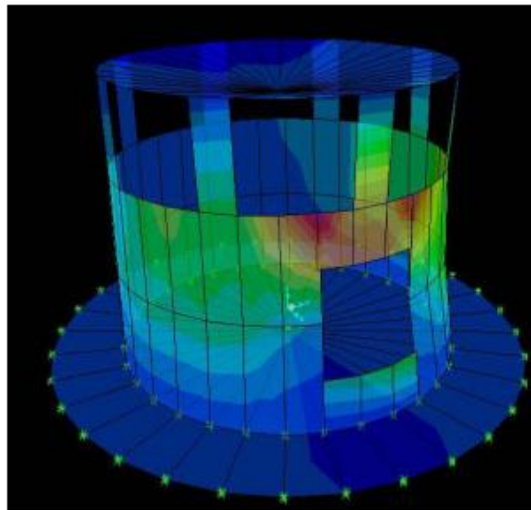
**Tabla 23: Resumen características agitador seleccionado**

## 12.8. Selección torre de captación

La torre de captación se fabricará in situ de hormigón antes de realizar su hundimiento en la zona deseada para ello se recurrirá a INCREA que es un diseñador especializado que realiza estudios muy detallados del medio y el diseño individual de cada toma.



**Ilustración 42: Torre de captación abierta diseñada por INCREA**



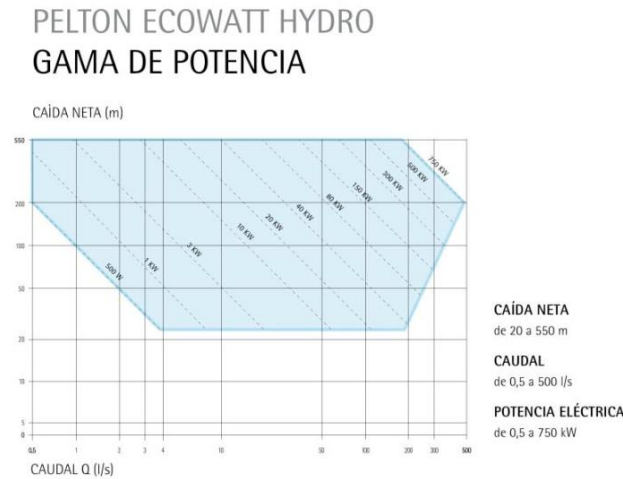
**Ilustración 43: Estudio de esfuerzos en torre ante llegada de oleaje realizado por INCREA**

Nombre del equipo	Características principales	Fabricante	Modelo
Torre de captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 1</li> <li>- Material: estructura hormigón y rejillas PE</li> <li>- 4 ventanas de 1.4 m de diámetro</li> <li>- Dimensiones: altura 5 m y diámetro 3 m</li> </ul>	INCREA	La fabricación se realizará mediante hormigón in situ

**Tabla 24: Resumen características torre de captación**

## 12.9. Selección turbina Pelton

La turbina Pelton se selecciona en base al caudal necesario de la gama TPA Pelton Ecowatt Hydro del fabricante IREM, según la siguiente tabla proporcionada por el fabricante:



**Ilustración 44: Gráfico del fabricante IREM de la gama TPA de turbinas Pelton Ecowatt Hydro**



**Ilustración 45: Turbina Pelton fabricante IREM de la gama TPA de turbinas Pelton Ecowatt Hydro**

Las características principales de la turbina son las siguientes:

- Regulación del caudal
- Válvulas de tipo on/off con accionamiento eléctrico por regulación automática
- Generador - asíncrono, jaula de ardilla, de alto rendimiento
- Cojinetes del generador - lubricados para toda la vida / con engrasadores
- Sensor de temperaturas bobinados generador
- Frecuencia - 50-60 Hz
- Tensiones - 230/400V – 277/480V
- Sensor de velocidad rotación - proximidad 1 señal/vuelta
- Componentes mecánicos a contacto con agua en acero inoxidable

Nombre del equipo	Características principales	Fabricante	Modelo
Turbina Pelton	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad = 2</li> <li>- Caudal 0.338 m<sup>3</sup>/s</li> <li>- Potencia 740 kW</li> </ul>	IREM	TPA Pelton Ecowatt Hydro

**Tabla 25: Resumen selección otros equipos**

## 13. Edificación

La planta desaladora necesitará de las siguientes edificaciones 3 naves de uso industrial:

- Edificio de pretratamiento
- Edificio de bastidores de ósmosis
- Edificio de almacén y taller

Una nave de uso no industrial:

- Edificio de oficinas y control

Y otras edificaciones:

- Piscina de captación
- Lecho de calcita
- Depósitos para almacenamiento de agua potable

## 14. Presupuesto

El presupuesto de ejecución material (PEM) de la planta desaladora objeto del proyecto asciende a la cantidad de treinta y siete millones novecientos veinte mil quinientos sesenta y tres euros con cincuenta y siete céntimos, 37,920,563.57 €.

El presupuesto detallado se encuentra en el Anexo II, pero en las dos siguientes tablas pertenecientes al anexo se puede ver un resumen del PEM y una estimación del presupuesto de contrata en base a dicho PEM.

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	OBRA CIVIL	15,433,392.04 €	40.70%
02	INSTALACIONES AUXILIARES	6,482,516.31 €	17.09%
03	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	1,607,743.00 €	4.24%
04	SEGURIDAD Y SALUD	395,680.00 €	1.04%
05	EQUIPOS	13,976,841.47 €	36.86%
06	TERRENOS	24,390.75 €	0.06%
<b>TOTAL PEM</b>		<b>37,920,563.57 €</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 26: Resumen PEM por capítulos**

CONCEPTO	ABREVIACIÓN	IMPORTE
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>PEM</b>	<b>37,920,563.57 €</b>
GASTOS GENERALES	GG = 9% PEM	3,412,850.72 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	BI = 6% PEM	2,275,233.81 €
INGENIERÍA	IG = 4% PEM	1,516,822.54 €
TRAMITACIÓN	T = 1% PEM	379,205.64 €
<b>PRESUPUESTO DE CONTRATA SIN IVA</b>	<b>PC</b>	<b>45,504,676.28 €</b>
IVA 21%	IVA	9,555,982.02 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA CON IVA INCLUIDO</b>		<b>55,060,658.30 €</b>

**Tabla 27: Presupuesto de contrata**

## 15. Viabilidad económica

### 15.1. Costes fijos

Los costes fijos anuales de la planta serán los costes de personal, mantenimiento, potencia eléctrica contratada y otros gastos:

- **Costes de personal**

Personal	Coste unitario anual	Cantidad	Coste (€/año)
Directivo	45,000.00 €	3	135,000.00 €
Administrativo	30,000.00 €	2	60,000.00 €
Técnico	35,000.00 €	6	210,000.00 €
Mantenimiento	32,000.00 €	12	384,000.00 €
Operadores	25,000.00 €	20	500,000.00 €
Seguridad	24,000.00 €	4	96,000.00 €
<b>Coste total anual de personal</b>		<b>47</b>	<b>1,385,000.00 €</b>

*Tabla 28: Coste anual de personal*

- **Costes de mantenimiento:** se obtienen aplicando un porcentaje medio al coste de inversión

Equipos	Inversión inicial	Porcentaje (%)	Coste (€/año)
Equipos	13,976,841.47 €	3.00	419,305.24 €
Instalaciones	6,482,516.31 €	4	259,300.65 €
Obra civil	15,433,392.04 €	0.50	77,166.96 €
Instrumentación y control	1,607,743.00 €	5	80,387.15 €
<b>Coste total anual de mantenimiento</b>			<b>836,160.01 €</b>

*Tabla 29: Coste anual de mantenimiento*

- **Coste de potencia eléctrica contratada**

Con una potencia eléctrica requerida de 5129.2 kW se mira el precio potencia de las principales compañías eléctricas de la provincia y se calcula el precio medio para realizar los cálculos de costes.

Compañía eléctrica	Precio potencia (€/kW/año)	Precio potencia anual (€/año)
EDP	41.76	214,194.97 €
Naturgy	44.49	228,197.66 €
Iberdrola	57.23	293,543.54 €
Endesa	41.16	211,117.46 €
<b>Media</b>	<b>46.16</b>	<b>236,763.41 €</b>

*Tabla 30: Coste potencia eléctrica contratada anual*

Se estima un coste de potencia eléctrica contratada anual de 236,763.41 €.

- Otros

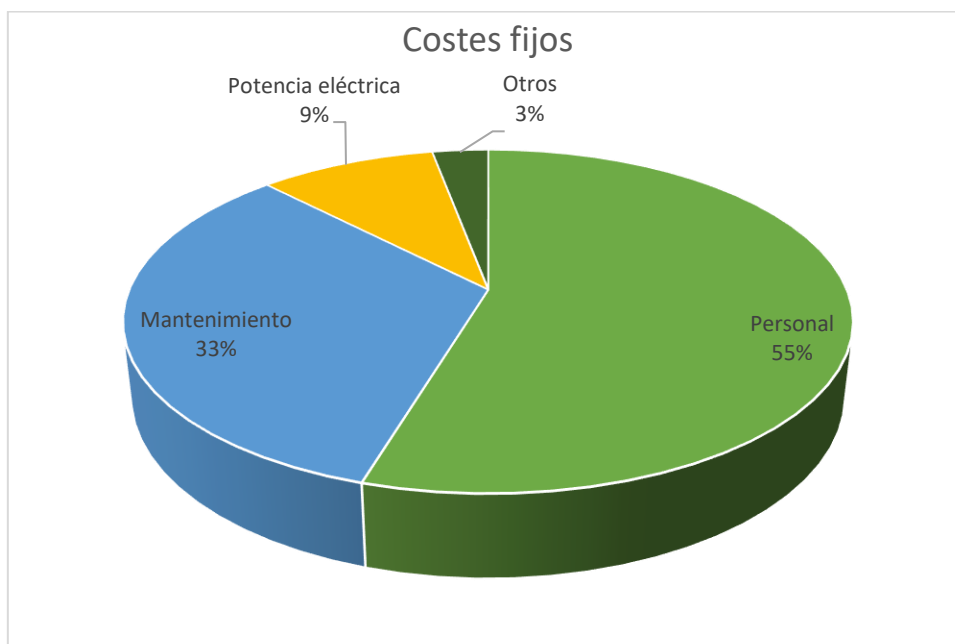
Concepto	Coste (€/año)
Gastos oficina	4,000.00 €
Asesoría	15,000.00 €
Seguros	45,000.00 €
Seguridad y salud	5,000.00 €
Control medioambiental	6,000.00 €
<b>Total</b>	<b>75,000.00 €</b>

**Tabla 31: Coste anual de otros gastos**

**Resumen costes fijos**

Concepto	Coste (€/año)	Porcentaje (%)
Personal	1,385,000.00 €	54.68%
Mantenimiento	836,160.01 €	33.01%
Potencia eléctrica	236,763.41 €	9.35%
Otros	75,000.00 €	2.96%
<b>Total costes fijos</b>	<b>2,532,923.42 €</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 32: Resumen costes fijos anuales**



**Gráfico 1: Distribución de los costes fijos**

## 15.2. Costes variables

Los costes variables son aquellos que dependen del caudal de agua tratado en la planta y son: el consumo de energía eléctrica, de reactivos a dosificar y la gestión de residuos. Se va a considerar que la planta está en funcionamiento durante 340 días al año puesto que se realizará una parada de 15 días para mantenimiento, reparaciones, comprobaciones y revisiones.

- **Energía eléctrica**

El consumo de la planta es el siguiente:

Equipo consumidor	Cantidad equipos	Potencia unitaria (kW)	Horas funcionamiento/día	kW/día	kW/año
Bomba captación	1	181	24	4344	1476960
Bomba captación a DAF	2	330	24	7920	2692800
Bomba dosificadora FeCl3	1	1.68	24	40.32	13708.8
Bomba dosificadora NaClO	1	1.68	24	40.32	13708.8
Bomba dosificadora H2SO4	1	1.68	24	40.32	13708.8
Bomba DAF a Filtro multimedia	2	148	24	3552	1207680
Bomba dosificadora NaHSO3	1	1.68	24	40.32	13708.8
Bomba Filtro multimedia a Filtro de cartuchos	1	325	24	7800	2652000
Bomba Filtro de cartuchos a bastidores	4	1122	24	26928	9155520
Bomba limpieza	1	148	24	3552	1207680
Bomba dosificadora NaClO	1	1.68	24	40.32	13708.8
Bomba lecho calcita a deposito agua potable	1	3.27	24	78.48	26683.2
Bomba piscina de captación a salida deposito decantación	1	6.25	24	150	51000
Bomba bastidores a decantación	1	3.27			
Tanque DAF	1	118	24	2832	962880
Turbina Pelton	2	-740	24	-17760	-6038400
Disolvedor CO2	2	20	24	480	163200
Lecho calcita	1	60	24	1440	489600
Valvuleria	1	50	24	1200	408000
Agitador	1	3	24	72	24480
Tornillo compactación de lodos	1	50	24	1200	408000
Iluminación	1	4	8	32	10880
Resto de iluminación	1	15	24	360	122400
Otros	1	150	8	1200	408000
<b>Consumo eléctrico anual total (kW/año)</b>					<b>15497907.2</b>

**Tabla 33: Resumen de consumidores y consumo anual eléctrico de la planta**

Para calcular el coste anual que supone dicho consumo se vuelve a realizar una comparación entre las principales compañías eléctricas de la provincia de Castellón y se estima el precio empleando el valor medio.

Compañía eléctrica	Precio potencia (€/kW/año)	Precio potencia anual (€/año)
EDP	0.1279	1,982,182.33 €
Naturgy	0.1503	2,329,335.45 €
Iberdrola	0.1957	3,032,940.44 €
Endesa	0.2139	3,315,002.35 €
<b>Media</b>	<b>0.17 €</b>	<b>2,664,865.14 €</b>

**Tabla 34: Coste consumo eléctrico anual**

El coste de consumo eléctrico anual de la planta es 2,664,865.14 €.

- **Reactivos a dosificar**

Reactivo	Caudal (l/h)	Coste (€/l)	Consumo (l/año)	Coste (€/año)
FeCl <sub>3</sub> (40%)	39.09	0.24 €	318974.4	76,553.86 €
NaClO (13%)	34.64	0.36 €	282662.4	101,758.46 €
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%)	24.63	0.16 €	200980.8	32,156.93 €
NaHSO <sub>3</sub> (40%)	70.93	0.22 €	578788.8	127,333.54 €
Antiincrustante	6.65	0.85 €	54264	46,124.40 €
<b>Coste dosificación reactivos anual</b>				<b>383,927.18 €</b>

**Tabla 35: Coste anual reactivos a dosificar**

- **Gestión de residuos**

Concepto	Cantidad (m <sup>3</sup> /día)	Coste (€/m <sup>3</sup> )	Coste (€/año)
Gestión de residuos	1500	3.2 €	<b>1,632,000.00 €</b>
<b>Coste gestión de residuos anual</b>			<b>1,632,000.00 €</b>

**Tabla 36: Coste anual gestión de residuos**

**Resumen costes variables**

Consumo	Coste (€/año)	Porcentaje (%)
Eléctrico	2,664,865.14 €	56.93%
Reactivos	383,927.18 €	8.20%
Gestión de residuos	1,632,000.00 €	34.87%
<b>Total costes variables</b>	<b>4,680,792.32 €</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 37: Resumen costes variables anuales**



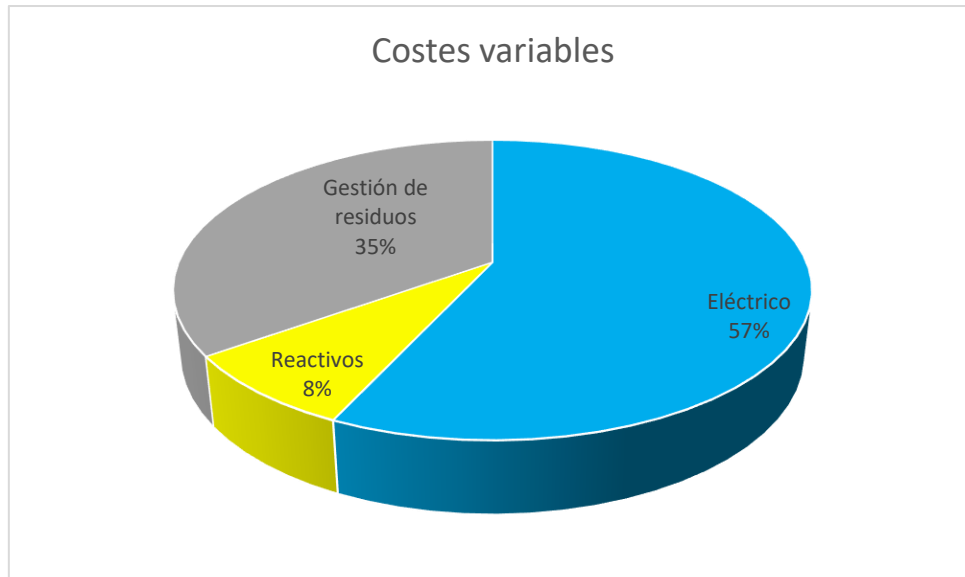


Gráfico 2: Distribución de los costes fijos

### 15.3. Coste m<sup>3</sup> del agua

Para calcular el coste del m<sup>3</sup> de agua, se deben tener en cuenta tanto los costes fijos y variables anuales como los costes de amortización anual de la inversión realizada.

Se ha decidido realizar el cálculo para una amortización a 15 años debido a que la maquinaria tiene una duración de funcionamiento de unos 15 años y la construcción de unos 25 años por lo que por unificar y facilitar los cálculos sabiendo que esto es una aproximación se ha decidido tomar la opción más restrictiva para el cálculo.

#### 15.3.1. Amortización a 15 años

El coste anual será:

Concepto	Coste anual (€/año)
Coste amortización	2,526,411.52 €
Costes fijos	2,532,923.42 €
Costes variables	3,048,792.32 €
	8,108,127.26 €

Tabla 38: Resumen costes (amortización a 15 años)

Teniendo en cuenta que la producción de agua es de 23940 m<sup>3</sup>/día y que la planta trabaja durante 340 días al año. La producción anual de agua será de 10070800 m<sup>3</sup>/año y por tanto el coste del m<sup>3</sup> de agua será el siguiente:

$$\text{Coste } m^3 \text{ de agua} = \frac{8108127.26 \text{ €/año}}{10070800 \text{ m}^3/\text{año}} = 0.996 \text{ €/m}^3$$

## 15.4. Herramientas financieras

Con el fin de calcular si la construcción de la planta es viable económicamente se van a emplear el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Pay-back que son herramientas financieras para evaluar la rentabilidad de los proyectos de inversión se emplearán las siguientes fórmulas:

$$VAN = -Inversión\ inicial + \sum_{i=1}^n \frac{Flujo\ de\ caja\ año\ i}{(1+k)^i}$$

$$VAN = 0 = -Inversión\ inicial + \sum_{i=1}^n \frac{Flujo\ de\ caja\ año\ i}{(1+TIR)^i}$$

$$Período\ de\ Payback = \left[ \begin{array}{l} \text{Período último con Flujo} \\ \text{acumulado negativo} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Último flujo} \\ \text{acumulado negativo} \\ \hline \text{Valor Flujo de Caja} \\ \text{siguiente período} \end{array} \right]$$

La inversión es rentable en caso de que el  $VAN > 0$  y el  $TIR > k$ . Para realizar los cálculos se tienen en cuenta los siguientes datos:

- Precio medio de venta del agua = 1.445 €/m<sup>3</sup>
- Impuesto sobre beneficios = 25%
- Tasa de interés,  $k = 4\%$
- Años de amortización,  $n$

Las tablas empleadas para calcular el VAN, el TIR y el Payback se pueden ver en el punto 3 del Anexo I.

Amortización a	15 años
VAN	19,320,417.11 €
TIR	11%
Payback	11.32 años

**Tabla 39: Resumen resultados viabilidad económica**

## 15.5. Conclusiones viabilidad económica

Tanto el VAN como el TIR cumplen los, por lo que la inversión es rentable.

Los beneficios totales al finalizar los 15 años serán de 19,320,417.11 €, la inversión se recuperará en 11 años y 4 meses.

## 16. Conclusiones

Se han evaluado diversas alternativas para abordar de manera adecuada el desafío planteado por la actual escasez de agua, las sequías y la demanda de nuevas fuentes de agua potable para satisfacer las necesidades de la población y garantizar el suministro de agua apta para el consumo humano.

Se ha identificado y seleccionado la solución más apropiada que garantice la obtención de los resultados deseados, en consonancia con los objetivos del proyecto, su alcance y los requisitos establecidos.

Para concluir, es importante destacar varios aspectos clave relacionados con el proyecto y sus soluciones adoptadas. Estos aspectos se refieren a la eficiencia, las consideraciones ambientales y los objetivos de la planta diseñada:

- Se ha optado por utilizar una toma de agua de toma abierta para asegurar un caudal de producción estable a la planta y de fácil construcción puesto que la planta se encuentra en un emplazamiento próximo a la costa.
- Para reducir la concentración de sales de la salmuera que se vierte en el mar se ha decidido mezclar el caudal de rechazo de los bastidores con caudal de captación de esta manera se reduce el impacto ambiental y los daños sobre la biota marina.
- En cuanto a la tecnología de desalación de agua de mar elegida se ha seleccionado la ósmosis inversa por su alta capacidad para eliminar una alta gama de sales y contaminantes disueltos, permitiendo obtener agua dulce de alta calidad, además es una tecnología flexible y modular que deja la puerta abierta a la posibilidad de ampliar la producción de la planta en caso necesario, aunque requeriría ampliación de equipos e instalaciones.
- Se ha empleado una etapa de desalación obteniendo así el rendimiento deseado del 45%.
- Para evitar el alto consumo de energía y poder reducir costes de explotación se han seleccionado dos turbinas Pelton como recuperadores de energía que reducen la cantidad de energía necesaria para el bombeo de alta presión en un 42.64%.
- Se ha conseguido cumplir con los requisitos de diseño, obteniendo una producción para abastecer a 180000 personas y con la calidad del agua establecida por la normativa vigente.
- Para garantizar un control óptimo de la planta frente a cambios en el sistema, se implementarán sistemas de control automático y variadores de frecuencia.
- El presupuesto de ejecución material (PEM) de la planta desaladora objeto del proyecto asciende a la cantidad de 37,920,563.57 € y el presupuesto de contrata a 55,060,658.30 €.
- Se ha establecido una amortización lineal a 25 años de las instalaciones obteniendo un coste de producción de 0.87€/m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que el precio de venta del agua producida es de 1.45€/m<sup>3</sup>, se ha obtenido que la instalación es rentable a largo plazo puesto que se establece un período de recuperación de aproximadamente 9 años y medio como se puede ver en detalle en el punto 15.

Por último, con el fin de completar la descripción del proyecto para proporcionar la información suficiente para su comprensión y ejecución se han elaborado todos los documentos pertinentes, como la memoria descriptiva, los anexos, los planos, el pliego de condiciones y el presupuesto.

## 17. Bibliografía

- elenapl. (2022, October 26). Minería de salmuera: la recuperación de minerales en la desalación de agua - AEDyR. AEDyR. <https://aedyr.com/mineria-salmuera-recuperacion-minerales-desalacion-agua/>
- EFE. (2023, January 5). *España sufre una “incipiente sequía de larga duración”*: 2022 fue el sexto año más seco. Elperiodicodeespana; El Periódico de España. <https://www.epe.es/es/espana/20230105/espana-incipiente-sequia-larga-duracion-80741064>
- ABC. (2022, February 9). *Estas son las zonas de España más afectadas por la sequía*. Diario ABC; ABC.es. [https://www.abc.es/sociedad/abci-estas-son-zonas-espana-mas-afectadas-sequia-nsv-202202091240\\_noticia.html#:~:text=Las%20zonas%20m%C3%A1s%20afectadas%20por%20la%20sequ%C3%ADA&text=Seg%C3%BAAn%20las%20%C3%BAI timas%20actualizaciones%2C%20el,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s\).](https://www.abc.es/sociedad/abci-estas-son-zonas-espana-mas-afectadas-sequia-nsv-202202091240_noticia.html#:~:text=Las%20zonas%20m%C3%A1s%20afectadas%20por%20la%20sequ%C3%ADA&text=Seg%C3%BAAn%20las%20%C3%BAI timas%20actualizaciones%2C%20el,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s).)
- Informes y mapas mensuales de sequía y escasez. Año 2022*. (2022). Miteco.gob.es; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/informes-mapas-seguimiento/infomapas2022.html>
- Gestión de aguas salinas y tratamiento de salmueras industriales*. (2017, March 15). Condorchem Enviro Solutions. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-salinas-en-la-industria/>
- Nuevo, D. (2020). *vertido de salmuera en desaladoras | Formación de ingenieros*. Tecpa.es. <https://www.tecpa.es/salmuera-desaladora/>
- contenidosemc32. (2019, October 15). *¿Qué es la salmuera?* - AEDyR. AEDyR. <https://aedyr.com/que-es-salmuera/>

Álvarez, C. (2022, November 23). *España sigue anclada en la sequía a pesar de las lluvias: así es el mapa desigual del agua y las restricciones*. El País.

<https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-11-23/espana-sigue-anclada-en-la-sequia-a-pegar-de-las-lluvias-asi-es-el-mapa-desigual-del-agua-y-las-restricciones.html>

*Desalación o Desalinización | ACCIONA | Business as unusual*. (2022). Acciona.com.

[https://www.acciona.com/es/soluciones/agua/areas-actividad/desalacion/?\\_adin=01568588716](https://www.acciona.com/es/soluciones/agua/areas-actividad/desalacion/?_adin=01568588716)

Pardo, Á. (2022, August 13). *Las desaladoras se abren paso como alternativa ante la sequía*. Newtral. <https://www.newtral.es/desaladoras-sequia-2022/20220813/>

PAVAGUA. (2018, July 2). *Pavagua Ambiental S.L.U. Agua y Medioambiente*.

Pavagua.com. <https://pavagua.com/obra/desaladora-moncofar-castellon/>

iAgua. (2023). IAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/>

*Water Treatment and Purification - Lenntech*. (2023). Lenntech.com.

<https://www.lenntech.com/>

*Ordessa: Ósmosis Zaragoza*. (2016, July 6). Ordessa. <https://www.ordessa.es/tipos-de-membranas-de-osis-inversa/>

*Condorchem Enviro Solutions*. (2023). Condorchem Enviro Solutions.

<https://condorchem.com/es/>

*antiincrustantes para membranas de ósmosis inversa*. (2022). Genesysro.com.

[https://www.genesysro.com/genesys\\_spanish/ro-membrane-antiscalant-cleaning-chemicals.php](https://www.genesysro.com/genesys_spanish/ro-membrane-antiscalant-cleaning-chemicals.php)

*Soluciones de tratamiento de agua RO AGUA*. (2021, May 17). Soluciones de

Tratamiento de Agua RO AGUA. <https://www.roagua.com/es/>

## 17.1. Fabricantes

*Inicio - Inter Water.* (2022, March 25). Inter Water. <https://inter-water.com/>

*TREPOVI - Filtros, depósitos y tratamiento de aguas.* (2023). Trepovi.com.

<https://www.trepovi.com/index.php>

*tubería y accesorio de HDPE/PVC|tubería de HDPE|accesorio de HDPE-Puhui*

*Industry Co., Ltd.* (2023). Phpipe-Fitting.com. <http://www.phpipe-fitting.com/>

*Inicio - Drintec.* (2023, June 12). Drintec. <https://drintec.com/es/inicio/>

*TORAY INDUSTRIES, INC.* (2023). Toray.com. <https://www.toray.com/global/>

*Home | Sulzer.* (2023). Sulzer.com. <https://www.sulzer.com/>

*Homepage.* (2023, March 16). IREM. <https://www.irem.it/>

*INCREA, & INCREA.* (2022). *Increa Consultants in marine works and singular structures.* Increa.eu. <https://www.increa.eu/es/inicio>

*FluidMix.* (2016, September 8). FluidMix. <https://www.agitadoresfluidmix.com/>

*Deyma La Mancha - Fabricación y montaje industrial - equipos y calderería.* (2020, June). Deyma, Tratamiento de Aguas. <https://deymalamancha.es/>

*Inicio.* (2023, June 14). DMT: Soluciones Integrales Para El Manejo de Fluidos.

<https://www.dmt-systems.com/>

*Bombas dosificadoras y equipos Milton Roy.* (2023). Miltonroy.

<https://www.miltonroy.com/es-es/>

*Nuestros servicios | AQUADIPÒSITS.* (2023). Aquadiposits.com.

<https://www.aquadiposits.com/es/servicios>

*Pentair - Codeline | The global standard in pressure vessels.* (2023). Pentair.com.

<https://codeline.pentair.com/en/>

## 17.2. Programas informáticos

Los programas informáticos empleados para la realización del proyecto han sido:

- Generador de precios de Cype 2024
- Toray DS2 V3
- Autocad

# **ANEXO I**

## **MEMORIA JUSTIFICATIVA DE CÁLCULOS**

## ÍNDICE MEMORIA JUSTIFICATIVA DE CÁLCULOS

1.	Balance de materia global de la planta.....	3
2.	Descripción del proceso.....	4
2.1.	Toma de agua de mar .....	4
2.1.1.	Torre de captación.....	4
3.1.2	Inmisario submarino.....	4
3.1.3	Piscina de captación .....	8
<b>2.2.</b>	<b>Pretratamiento.....</b>	<b>9</b>
2.2.1.	Coagulación .....	9
3.3.2	Desinfección .....	11
3.3.3	Regulación pH.....	12
3.3.4	Filtro multimedia .....	12
3.3.5	Decloración.....	13
3.3.6	Filtro de cartuchos.....	14
3.3.7	Antiincrustante .....	15
2.3.	Osmosis inversa .....	16
2.3.1.	Selección de la membrana .....	16
2.3.2.	Cálculo de número de membranas, tubos de presión y bastidores necesarios.....	17
2.3.3.	Selección tubos de presión.....	19
2.3.4.	Cálculo de conductos desde los filtros de cartucho hasta los bastidores de osmosis inversa y el grupo de bombeo de alta presión.....	20
2.3.5.	Cálculo recuperadores de energía.....	21
2.3.6.	Sistema de limpieza de las membranas .....	22
<b>2.4.</b>	<b>Post tratamiento.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.</b>	<b>Almacenamiento agua potable.....</b>	<b>25</b>
2.5.1.	Depósito agua potable .....	25
2.5.2.	Conductos y bombas de agua potable .....	25
<b>2.6.</b>	<b>Tratamiento aguas rechazo y limpieza .....</b>	<b>27</b>
2.6.1.	Conductos y bombas de agua de rechazo y limpieza.....	27
<b>2.7.</b>	<b>Emisario submarino .....</b>	<b>29</b>
<b>3.</b>	<b>Cálculos VAN y TIR estudio de viabilidad .....</b>	<b>30</b>
3.1.	Amortización a 15 años.....	30



## 1. Balance de materia global de la planta

Para realizar el balance de materia global de la planta es necesario conocer los siguientes datos:

- Rendimiento de la planta =  $n = 45\%$ , se asume este valor de conversión típico como se ha mencionado previamente.
- Concentración de sales deseada para el agua producto =  $X_p = 370$  ppm
- Concentración de entrada de agua =  $X_f = 37500$  ppm
- Caudal de entrada necesario =  $Q_f = 53200$  m<sup>3</sup>/día (calculado en el punto 4.1)
- Caudal que se desea producir =  $Q_p = 23940$  m<sup>3</sup>/día
- Caudal de rechazo =  $Q_r = Q_f - Q_p$

De esta manera podemos obtener la concentración del caudal de rechazo,  $X_r$ , del proceso de osmosis inversa:

$$X_r = \frac{Q_f \cdot X_f - Q_p \cdot X_p}{Q_r} = 67879.1 \text{ ppm}$$

Esta concentración es bastante elevada por lo que se decide reducirla a 55000 ppm mezclando la corriente de rechazo con agua captada del mar que se encuentra en la cántara de captación. Con el objetivo de emitir mediante el emisario submarino una salmuera de menor concentración acelerando su disolución y tratando de disminuir el impacto sobre el lecho marino.

Así pues, el caudal necesario de mezcla para reducir la concentración del rechazo es el siguiente:

$$Q_m = Q_r \cdot \frac{(X_r - 55000)}{(55000 - X_f)} = 21533.84 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dando un caudal de captación total  $Q_t = Q_f + Q_m = 74733.84$  m<sup>3</sup>/día.

## 2. Descripción del proceso

### 2.1. Toma de agua de mar

#### 2.1.1. Torre de captación

La torre de captación se situará en el lecho marino a 900 m de la orilla y a una profundidad de 23 m, dicha profundidad puede variar debido a las condiciones geotécnicas como pueden ser las mareas, su altura será de 5 m y tendrá un diámetro de 1.5 m dando un volumen de 35 m<sup>3</sup>.

La velocidad de aproximación del agua debe ser menor de 0.2 m/s para asegurar un correcto funcionamiento, por lo que se establece una velocidad,  $V = 0.15$  m/s para los cálculos.

El caudal a proporcionar por la torre de captación es de 74733.84 m<sup>3</sup>/día, lo que equivale a 0.865 m<sup>3</sup>/s.

Utilizando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Qt}{V} = 5.77 \text{ m}^2$$

Se dispondrá de 4 ventanas con un área necesaria por ventana de 1.44 m<sup>2</sup>, se obtiene que el diámetro de las ventanas a de ser de 1.4 m.

#### 3.1.2 Inmisario submarino

Para diseñar la tubería del inmisario submarino se fija una velocidad de 1 m/s para evitar turbulencias y aplicando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene el área mínima requerida.

$$A_{min} = \frac{Qt}{V} = 0.865 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Diámetro necesario} = \phi_{inmisario} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{min}}{\pi}} = 1.05 \text{ m}$$

<b>Specification</b>							
PE100	0.4MPa	0.6MPa	0.8MPa	1.0MPa	1.25MPa	1.6MPa	20MPa
PE80	0.32	0.5MPa	0.6MPa	0.8MPa	1.0MPa	1.2.5MPa	16MPa
	SDR33	SDR26	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11	SDR9
Outside Diameter	Wall Thickness						
20	-	2	2	2	2	2.3	2.3
25	-	2	2	2.3	2.3	2.3	2.8
32	-	2	2.3	2.3	2.4	3	3.6
40	-	2.3	2.3	2.4	3	3.7	4.5
50	-	2.3	2.4	3	3.7	4.6	5.6
63	2.3	2.5	3	3.8	4.7	5.8	7.1
75	2.3	2.9	3.6	4.5	5.6	6.8	8.4
90	2.3	3.5	4.3	5.4	6.7	8.2	10.1
110	2.7	4.2	5.3	6.6	8.1	10	12.3
125	3.1	4.8	6	7.4	9.2	11.4	14
140	3.5	5.4	6.7	8.3	10.3	12.7	15.7
160	4	6.2	7.7	9.5	11.8	14.6	17.9
180	4.4	6.9	8.6	10.7	13.3	16.4	20.1
200	4.9	7.7	9.6	11.9	14.7	18.2	22.4
225	5.5	8.6	10.8	13.4	16.6	20.5	25.2
250	6.2	9.6	11.9	14.8	18.4	22.7	27.9
280	6.9	10.7	13.4	16.6	20.6	25.4	31.3
315	7.7	12.1	15	18.7	23.2	28.6	35.2
355	8.7	13.6	16.9	21.1	26.1	32.2	39.7
400	9.8	15.3	19.1	23.7	29.4	36.3	44.7
450	11	17.2	21.5	26.7	33.1	40.9	50.3
500	12.3	19.1	23.9	29.7	36.8	45.4	55.8
560	13.7	21.4	26.7	33.2	41.2	50.8	62.5
630	15.4	24.1	30	37.4	46.2	57.2	70.3
710	17.4	27.2	33.9	42.1	52.2	64.5	79.3
800	19.6	30.6	38.1	47.4	58.8	72.6	89.3
900	22	34.4	42.9	53.3	66.2	81.7	
1000	24.5	38.2	47.7	59.3	72.5	90.2	
1200	29.4	45.9	57.2	67.9	88.2	-	
1400	34.3	50.6	66.7	82.4	102.9	-	
1600	39.2	57.9	76.2	94.1	117.6	-	

**Tabla 1: Diámetros y calibres estándar tuberías de PE**

Teniendo en cuenta el diámetro mínimo necesario y la tabla 1 de diámetros y calibres estandarizados obtenemos dos opciones:

	De (mm)	Di (mm)
SDR26	1200	1108.2
SDR21	1200	1085.6

Se opta por la SDR21 puesto que soporta mayores presiones y se recalculan el área y la velocidad, para dicho diámetro interior de 1.085 m, dando un área de 0.925 m<sup>2</sup> y una velocidad de 0.9345 m/s.

Para poder calcular la pérdida de carga de la tubería y por tanto la potencia necesaria de la bomba de captación, la norma UNE 149201:2008, referencia para el cálculo de las instalaciones de agua, indica que el factor de fricción debe obtenerse a partir de la ecuación de Colebrook-White.

Para poder emplear la ecuación de Colebrook-White se debe calcular el número de Reynolds mediante la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot \Phi}{\mu} = \frac{\rho \cdot \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \Phi^2}\right) \cdot \Phi}{\mu} = \frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi \cdot \Phi} \quad (1)$$

Donde:

Re = número de Reynolds

Q = caudal volumétrico (m<sup>3</sup>/s)

μ = viscosidad dinámica

ρ = densidad del fluido

v = viscosidad cinemática = 1.2 \* 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

Φ = diámetro del conducto

La ecuación de Colebrook-White es:

$$hf = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \quad (2)$$

$$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2} \quad (3)$$

Donde:

hf = pérdidas de carga

f = factor de pérdida de carga

g = gravedad

D = diámetro del conducto

L = longitud de la tubería

V = velocidad de la tubería

$\frac{\varepsilon}{D}$  = rugosidad relativa

G y T son los parámetros de ajuste

Re = número adimensional de Reynolds

Todos los datos necesarios se han calculado o se conocen previamente, por lo que se calcula el número de Reynolds mediante la ecuación 1:

$$Re = 917766.979$$

Numero de Reynolds		G	T
4.000	100.000	4,555	0,8764
100.000	3.000.000	6,732	0,9104
3.000.000	100.000.000	8,982	0,93

**Tabla 2: G y T para la ecuación de Colebrook-White**

La rugosidad del polietileno es 0.0015, el resto de los datos necesarios se conocen, se obtiene el factor de fricción f (empleando la ecuación 3) y con él la pérdida de carga de la tubería (empleando la ecuación 2) dando:

$$f = 0.02151219$$

$$hf = 0.83211627 \text{ m}$$

Para calcular la altura que debe aportar la bomba se debe aplicar la ecuación de Bernoulli. Al tratarse de un fluido incompresible y teniendo velocidades similares a la entrada y salida del conducto, la altura que debería aportar la bomba es:

$$hb = (z2 - z1) + \frac{p2}{2g} - \frac{p1}{2g} + hf \quad (4)$$

La altura de captación es  $z1 = -19$  m (altura de las rejillas) y la altura de la piscina de captación es de  $z2 = -5$  m, por lo que la diferencia de alturas es de 14 m. Se fija la presión requerida en la piscina de captación a la misma presión que la del extremo de la tubería sumergida en 23 m.c.a.. Además, se debe tener en cuenta tanto la pérdida de carga de la tubería, como la pérdida de carga que introducen las rejillas, que se estima en un valor de 1 m.c.a..

$$hb = hf + 14 + 1 = 15.83 \text{ m}$$

La potencia de la bomba requerida por tanto es, considerando la densidad del agua  $1027 \text{ kg/m}^3$ :

$$P = \rho \cdot g \cdot Qt \cdot hb = 137.97 \text{ kW}$$

### 3.1.3 Piscina de captación

Finalmente, para acabar con el diseño de la toma de agua se debe calcular el volumen necesario de la piscina de captación, para ello se va a considerar un tiempo de retención hidráulico de dos horas y media esto significa que la piscina de captación será capaz de suministrar agua durante ese tiempo si se produce un problema de captación en el inmisario.

El caudal de captación es de  $3113.91 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$\text{Volumen mínimo piscina} = Qt * t = 3113.91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 2.5 \text{ h} = 7784.775 \text{ m}^3$$

La piscina tendrá 5.5 m de profundidad, 50 m de largo y 30 m de ancho con un volumen total de  $8250 \text{ m}^3$ .

## 2.2. Pretratamiento

### 2.2.1. Coagulación

#### A) TUBERÍAS Y BOMBA DESDE PISCINA DE CAPTACIÓN A DAF

Para esta etapa se va a calcular tanto las tuberías y bombas desde la piscina de captación para llevar el agua hasta el tanque de flotación como la cantidad de reactivo a dosificar y el tamaño del depósito.

Primero se calcularán las tuberías para trasegar el caudal entre la piscina de captación y el tanque de flotación, en este caso el caudal a trasegar no es el mismo caudal que el de captación sino el que se necesita desalinizar para obtener el caudal requerido como producto de la planta, calculado en el punto 4.1,  $Q_f$ , que es:

$$Q_f = \begin{array}{l} 2216.666667 \text{ m}^3/\text{h} \\ 0.615740741 \text{ m}^3/\text{s} \end{array}$$

Se procede de la misma manera que se ha descrito previamente para calcular la tubería del inmisario submarino, pero en este caso se fija la velocidad a 2 m/s puesto que no existe la problemática del caso anterior.

Utilizando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Q_f}{V} = 0.31 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.31/2}{\pi}} = 0.44 \text{ m}$$

Se van a emplear dos tuberías con la mitad de área cada una ambas de polietileno y se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, es decir el diámetro 500 mm SDR33.

Con este diámetro y teniendo en cuenta que el caudal es la mitad se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método descrito con anterioridad.

Los valores obtenidos tras el cálculo son los siguientes:

Área/tubería	0.177504038	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.734441507	m/s
Longitud	280	m
Re	326660.6085	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.02707482	
hf	1.40969458	m

Aplicando la ecuación simplificada de Bernoulli sin diferencia de alturas y con una diferencia de presión de 80 m.c.a. se obtiene la altura de cada bomba necesaria y posteriormente la correspondiente potencia de dichas bombas.

$$hb = (z_2 - z_1) + \frac{p_2}{2g} - \frac{p_1}{2g} + hf = 81.4 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q_f \cdot hb = 252.51 \text{ kW}$$

Así serían necesarias dos bombas que aporten una potencia de 252.51 kW.

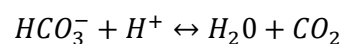
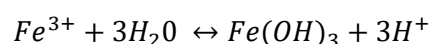
#### B) SISTEMA DAF

El tanque de flotación DAF se obtiene del fabricante SIGMA ES eligiendo el modelo capaz de procesar un caudal superior al necesario es decir el modelo FPBC3000CW con un caudal de 2500 m<sup>3</sup>/h.

#### C) CANTIDAD DE COAGULANTE

Una vez obtenido el volumen necesario del tanque de coagulación se debe calcular la cantidad necesaria de coagulante a dosificar. El coagulante que se va a emplear es el cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>) con una riqueza del 40% y el tratamiento se realizará en continuo empleando una bomba dosificadora en disposición 1 + 1R.

La reacción que tiene lugar es la siguiente:





- Caudal de agua a tratar 2216.67 m<sup>3</sup>/h
- Dosis media = 10 ppm
- Riqueza 40%
- Densidad disolución 567 g/l

$$Q_{FeCl_3} = \frac{Q_f \cdot Dosis\ media}{Densidad\ solución} = 39.1\ l/h$$

La dosificación se realizará previa a la entrada del agua en el tanque de flotación la bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 40 l/h y una disposición como ya se ha mencionado previamente de 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 14 m<sup>3</sup>.

### 3.3.2 Desinfección

Para la desinfección se va a emplear hipoclorito de sodio (NaClO), serán necesario un depósito de almacenamiento del producto de nuevo como para el caso del coagulante con una autonomía de 15 días y las bombas correspondientes. La dosificación se realiza entre el tanque de flotación y el filtro multimedia.

- Caudal de agua a tratar 2216.67 m<sup>3</sup>/h
- Dosis media = 2.5 ppm
- Riqueza 13%
- Densidad disolución 160 mg/l

$$Q_{NaClO} = \frac{Q_f \cdot Dosis\ media}{Densidad\ solución} = 34.6\ l/h$$

La dosificación se realiza mediante la bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 35 l/h y una disposición 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 12.5 m<sup>3</sup>.

### 3.3.3 Regulación pH

Con el objetivo de regular el pH se emplea Ácido Sulfúrico  $H_2SO_4$  la adición se realiza también antes de la etapa de filtro de doble medio, de manera análoga a la etapa de desinfección:

- Caudal de agua a tratar 2216.67 m<sup>3</sup>/h
- Dosis media = 20 ppm
- Riqueza 98%
- Densidad disolución 1800 g/l

$$Q_{H_2SO_4} = \frac{Q_f \cdot Dosis\ media}{Densidad\ solución} = 24.62\ l/h$$

La bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 25 l/h y con disposición 1 + 1R. El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar para tener una autonomía de 15 días es de 8.7 m<sup>3</sup>.

### 3.3.4 Filtro multimedia

#### A) NÚMERO DE FILTROS

Se escoge uno de los filtros del catálogo de Inter Water. Estos filtros pueden trabajar al aire libre gracias al recubrimiento que llevan, en este caso se ha escogido un filtro con una capacidad de 250 m<sup>3</sup>/h, con 4 m de longitud, un diámetro de 1.8 m y un área filtrante de 6.25 m<sup>2</sup> (datos extraídos del catálogo), de modo que serán necesarios:

$$N\ filtros = \frac{2216.67\ m^3/h}{250\ m^3/h} = 9\ filtros$$

#### B) TUBERÍAS Y BOMBAS DESDE DAF A FILTRO MULTIMEDIA

Se deben diseñar los conductos que conectan el tanque de flotación DAF con la etapa de filtrado de doble medio y se procede de la misma manera que en los casos anteriores.

El caudal a trasegar es de nuevo:

$$Q_f \quad \begin{array}{l} 2216.666667\ m^3/h \\ 0.615740741\ m^3/s \end{array}$$

Se fija la velocidad a 2.5 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico y dividiendo el caudal en dos tuberías se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Qf}{V} = 0.246 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.246/2}{\pi}} = 0.396 \text{ m}$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, es decir 450 mm SDR33. Con este diámetro y teniendo en cuenta que el caudal es la mitad se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método descrito con anterioridad. Los valores obtenidos tras el cálculo son los siguientes:

Área/tubería	0.14387238	m <sup>2</sup>
Velocidad	2.1398852	m/s
Longitud	320	m
Re	326660.6085	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.0278495	
hf	2.27098958	m

Aplicando la ecuación simplificada de Bernoulli sin diferencia de alturas y con una diferencia de presión de 4 m.c.a. puesto que el DAF se encuentra a presión atmosférica y el filtro multimedia tiene una presión máxima de 4 bar. Se obtiene la altura de cada bomba necesaria y posteriormente la correspondiente potencia de dichas bombas.

$$hb = (z2 - z1) + \frac{p2}{2g} - \frac{p1}{2g} + hf = 42.27 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Qf \cdot hb = 131.11 \text{ kW}$$

Así serían necesarias dos bombas que aporten una potencia de 131.11 kW.

### 3.3.5 Decloración

La decloración es necesaria para evitar daños en las membranas de osmosis inversa puesto que el cloro es extremadamente agresivo para ellas. El declorante que se va a emplear es el Bisulfito Sódico NaHSO<sub>3</sub>, y se dosifica entre el filtro multimedia y los filtros de cartuchos.

- Caudal de agua a tratar 2216.67 m<sup>3</sup>/h
- Dosis media = 8 ppm
- Riqueza 40%
- Densidad disolución 250 g/l

$$Q_{NaHSO_3} = \frac{Q_f \cdot Dosis\ media}{Densidad\ solución} = 70.93\ l/h$$

La bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 72 l/h y con disposición 1 + 1R. El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar para tener una autonomía de 15 días es de 25.5 m<sup>3</sup>.

### 3.3.6 Filtro de cartuchos

#### A) FILTRO DE CARTUCHOS

Se ha escogido un filtro de cartucho del fabricante TREPOVI, fabricados en PRFV, diseñados para ambientes exigentes como son las plantas desaladoras.

El filtro seleccionado es el modelo FCV2-1800-70, se trata de un filtro de cartuchos vertical de dos cuerpos, con una altura total de 4.86 m, 511 cartuchos de 1.778 m de longitud cada uno y un diámetro de 1.8 m.

#### B) TUBERÍAS Y BOMBA DESDE FILTRO MULTIMEDIA A FILTRO DE CARTUCHOS

Se deben diseñar los conductos para hacer llegar el agua desde el filtro multimedia hasta los filtros de cartuchos.

El caudal a trasegar es:

$$Q_f \quad \begin{array}{l} 2216.666667\ m^3/h \\ 0.615740741\ m^3/s \end{array}$$

Se fija la velocidad a 2.5 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico y empleando solo una tubería se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Q_f}{V} = 0.246\ m^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.246}{\pi}} = 0.559\ m$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, es decir 630 mm SDR33. Con este diámetro se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método descrito con anterioridad.

Los valores obtenidos tras el cálculo son los siguientes:

Área/tubería	0.28198986	m <sup>2</sup>
Velocidad	2.18355633	m/s
Longitud	20	m
Re	653321.217	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.02520517	
hf	0.09362963	m

Aplicando la ecuación simplificada de Bernoulli sin diferencia de alturas y con una diferencia de presión de 4 m.c.a. el filtro multimedia tiene una presión máxima de 4 bar y el filtro de cartuchos se ha diseñado para 8 bar. Se obtiene la altura de la bomba necesaria y posteriormente la correspondiente potencia.

$$hb = (z2 - z1) + \frac{p2}{2g} - \frac{p1}{2g} + hf = 40.1 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Qf \cdot hb = 248.72 \text{ kW}$$

Así sería necesaria una bomba que aporte una potencia de 248.72 kW.

### 3.3.7 Antiincrustante

En este caso se seguirán las recomendaciones del fabricante en cuanto a dosificación del producto.

## 2.3. Osmosis inversa

### 2.3.1. Selección de la membrana

El elemento clave a seleccionar es la membrana semipermeable pues de ella depende la eficiencia del proceso. Las características de las membranas varían con cada fabricante. Se han analizado las membranas que proporciona el fabricante TORAY, usando su software gratuito de comprobación de membranas TORAY DS2.

Todas las membranas que se van a analizar son de 8'', los fabricantes las hacen de 2.5'', 4'', 8'' y 16''. Dadas las dimensiones de la planta la más adecuada es la de 8'' puesto que la de 16'' no es muy común y hay pocos modelos.

Del fabricante TORAY los posibles modelos son indicados en la tabla 3.

Series	Model	Diameter	Product Flow Rate		Rejection	Net Thickness
		(inch)	(m <sup>3</sup> /d)	(gpd)	(%)	(mil)
TM800M (Standard)	TM820M-400	8	26.5	7,000	99.8	34
	TM820M-440	8	29.2	7,700	99.8	28
TM800V (Low Energy)	TM810V	4	7.2	1,900	99.8	34
	TM820V-400	8	34.1	9,000	99.8	34
	TM820V-440	8	37.5	9,900	99.8	28
TSW-LE (Super Low Energy) (*600 psi)	TSW-400LE	8	23.0*	6,100*	99.60*	34
	TSW-440LE	8	25.3*	6,700*	99.60*	28
TM800K (Highest Rejection)	TM820K-400	8	21.9	5,800	99.86	34
	TM820K-440	8	24.2	6,400	99.86	28

**Tabla 3: Principales membranas del fabricante TORAY para agua de mar**

El caudal total a trasegar a través de las membranas de osmosis inversa es  $Q_f = 53200 \text{ m}^3/\text{día}$  para obtener un caudal de permeado  $Q_p = 23940 \text{ m}^3/\text{día}$ .

De los posibles modelos de TORAY se va a seleccionar el modelo TM820V-440 por ser el que tiene un mayor caudal de producto con porcentajes de rechazo elevados.

### 2.3.2. Cálculo de número de membranas, tubos de presión y bastidores necesarios

El caudal producto de este modelo de membrana es de 37.5 m<sup>3</sup>/día, por lo que las membranas necesarias serán:

$$N \text{ membranas} = \frac{23940 \text{ m}^3/\text{día}}{37.5 \text{ m}^3/\text{día}} = 639$$

El número de membranas que contiene cada tubo de presión pueden contener de 6 a 8 membranas cada uno, en este caso se va a hacer el cálculo empleando 7 membranas por cada tubo de presión.

$$N \text{ tubos de presión} = \frac{639}{7} = 91$$

Con este dimensionamiento inicial introducimos los datos en el software TORAY DS2, suponiendo una temperatura del agua de 25 °C e introduciendo que se trata de agua de mar con toma abierta.

Antes de comenzar con el dimensionamiento de las membranas se debe introducir el diagrama de flujo en el programa, con el caudal de producto deseado en m<sup>3</sup>/h y el factor de conversión, como se puede ver en el diagrama 1.

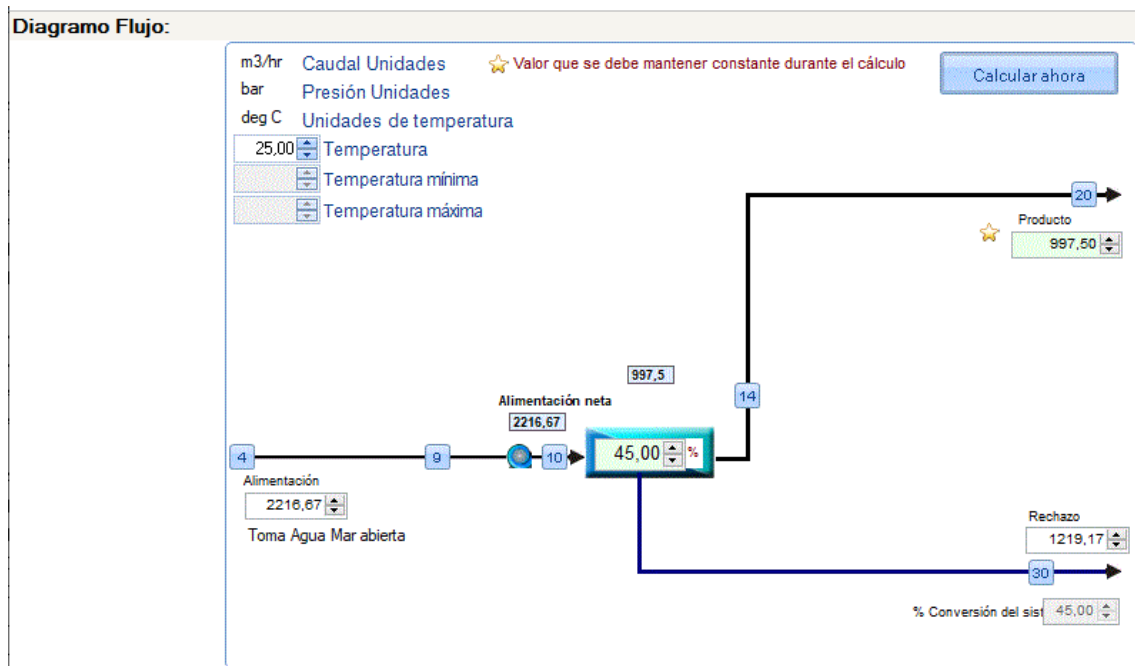


Diagrama 1: Diagrama de flujo software TORAY DS2

Posteriormente se introducen el resto de los datos como se puede ver en la ilustración 1.

Paso: 1 Total etapas: 1 Etapa actual: 1 Total Elementos en Etapa: 637

Tubos de presión por elemento: 91 Elementos por tubo de presión: 7 n: Todos los elementos iguales

Elemento Edad: 3,00 ¿Misma edad?  Igual para todas las etapas

Factor de Caudal: 0,940 Edad determina ensuciamiento  Aumento del Paso de Sal: 10,00

TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO
40,54	39,66	38,86	38,15	37,52	36,96	36,47

**38,31** Overall Pass Flux Effective SP Increase = 33,10%

Low pressure SWRO element, high area

TM820V-440, SWRO Diseño automático Element Selection Criteria

Ilustración 1: Introducción de datos software TORAY DS2

Con estos datos el programa nos saca las siguientes advertencias:

1. El flujo promedio excede el límite superior recomendado, siendo 38.31 l/m<sup>2</sup>/h cuando el valor de referencia es 17 l/m<sup>2</sup>/h.
2. El flujo del primer elemento excede el límite superior recomendado, siendo 40.54 cuando el valor de referencia es 28 l/m<sup>2</sup>/h.

Por lo que teniendo en cuenta ahora al diseñar el parámetro del límite superior recomendado por el fabricante para el flujo promedio de 17 l/m<sup>2</sup>/h, probando para 7 y 8 membranas por tubo de presión.

- a) Para 7 membranas cumpliendo con los requisitos se obtienen 206 tubos de presión y 1442 membranas en total. (Ilustración 2)

Paso: 1 Total etapas: 1 Etapa actual: 1 Total Elementos en Etapa: 1442

Tubos de presión por elemento: 206 Elementos por tubo de presión: 7 n: Todos los elementos iguales

Elemento Edad: 3,00 ¿Misma edad?  Igual para todas las etapas

Factor de Caudal: 0,955 Edad determina ensuciamiento  Aumento del Paso de Sal: 10,00

TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO	TM820V-440, SWRO
18,03	17,67	17,33	17,02	16,74	16,48	16,25

**16,92** Overall Pass Flux Effective SP Increase = 33,10%

Low pressure SWRO element, high area

TM820V-440, SWRO Diseño automático Element Selection Criteria



**Ilustración 2: Datos software TORAY DS2 para 7 membranas/tubo**

b) Para 8 membranas cumpliendo con los requisitos del fabricante se obtienen un número total de 180 tubos de presión, dando un total de 1440 membranas. (Ilustración 3)

The screenshot shows the TORAY DS2 software interface for designing a membrane system. Key parameters are as follows:

Parameter	Value
Paso	1
Total etapas	1
Etapa actual	1
Total Elementos en Etapa	1440
Tubos de presión por elemento	180
Elementos por tubo de presión	8
Elemento Edad	3,00
Factor de Caudal	0,955
Aumento del Paso de Sal	10,00

Elemento	Flujo (l/h)
TM820V-440, SWRO	18,03
TM820V-440, SWRO	17,67
TM820V-440, SWRO	17,33
TM820V-440, SWRO	17,02
TM820V-440, SWRO	16,74
TM820V-440, SWRO	16,48
TM820V-440, SWRO	16,25
TM820V-440, SWRO	16,04

Overall Pass Flux: 16,95  
Effective SP Increase = 33,10%  
Low pressure SWRO element, high area  
Selected element: TM820V-440, SWRO

**Ilustración 31: Datos software TORAY DS2 para 7 membranas/tubo**

Los informes de los tres análisis realizados están adjuntados en el ANEXO VI.

En resumen, para cumplir tanto con los requisitos del diseño como con las recomendaciones del fabricante de las membranas se debe emplear una cantidad sustancialmente mayor de membranas a las calculadas inicialmente.

Se va a optar por la opción con 7 membranas por tubo de presión, requiriendo así 206 tubos y 1442 membranas en total.

### 2.3.3. Selección tubos de presión

Los tubos de presión a emplear son del fabricante CODELINE, concretamente los de la serie OCTA 80S que están especialmente diseñados para contener membranas de osmosis inversa de 8'' y que además tienen una capacidad para contener de 1 a 8 membranas. Son necesarios 206 tubos de presión como se ha calculado previamente.

Los tubos de presión se dispondrán de manera horizontal con entrada frontal y se apilarán en vertical para reducir el espacio a emplear, formando cuatro bloques con capacidad para 52 tubos cada bloque, con 6 columnas de tubos y 9 alturas, lo que deja dos huecos libres en la parte superior de los bloques.

### 2.3.4. Cálculo de conductos desde los filtros de cartucho hasta los bastidores de osmosis inversa y el grupo de bombeo de alta presión

Se deben diseñar los conductos para hacer llegar el agua desde el filtro de cartuchos hasta los bastidores de osmosis inversa.

El caudal a trasegar es:

$$Q_f \quad \begin{array}{l} 2216.666667 \text{ m}^3/\text{h} \\ 0.615740741 \text{ m}^3/\text{s} \end{array}$$

Se fija la velocidad en 2 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Q_f}{V} = 0.31 \text{ m}^2$$

En este caso para calcular la altura necesaria que debe introducir la bomba hay que tener en cuenta que en los bastidores se estima una pérdida de carga debida a las membranas de osmosis inversa de 55 bar.

Con el objetivo de trasegar el caudal desde los filtros de cartucho hasta los bastidores se van a emplear cuatro tuberías de 150 m de longitud y un diámetro necesario de:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.31/4}{\pi}} = 0.31 \text{ m}$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, pero en este caso para que soporte presiones superiores, es decir SDR13.6 de diámetro 400 mm. Con este diámetro se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método que en los previos conductos.

Obteniendo lo siguiente:

Área/tubería	0.09143404	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.68356532	m/s
Longitud	150	m
Re	163330.304	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.0300547	
hf	1.13377177	m

Empleando la ecuación de Bernoulli sin diferencia de alturas y con una diferencia de presión de 101 m.c.a. que es la presión a superar en los bastidores de osmosis inversa para sobrepasar la presión osmótica. Se obtiene la altura de la bomba necesaria y la correspondiente potencia.

$$hb = (z_2 - z_1) + \frac{p_2}{2g} - \frac{p_1}{2g} + hf = 0 + 550 + 1.17 = 104.13 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Qf \cdot hb = 854.74 \text{ kW}$$

Así serían necesarias cuatro bombas que aporten una potencia de 854.74 kW.

### 2.3.5. Cálculo recuperadores de energía

Para calcular la potencia que recupera la turbina Pelton se usan los siguientes datos:

- Caudal de rechazo,  $Q_r = 1219.17 \text{ m}^3/\text{h} = 0.338 \text{ m}^3/\text{s}$
- Densidad rechazo  $1050 \text{ kg}/\text{m}^3$  (aproximada)
- Presión rechazo 550 m.c.a.
- Eficiencia media turbinas Pelton  $n_t = 85\%$
- Eficiencia media motor eléctrico  $n_m = 90\%$

$$P \text{ recuperada} = \frac{P \cdot g \cdot n_t \cdot n_m}{1000} = 1463.37 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que las bombas de alta presión eran 4 bombas de 857.84 kW lo que supone un consumo de potencia total de 3431.36 kW, empleando la turbina Pelton se reduce el consumo energético de las bombas a un 42.64 % del que se necesitaría sin ella.

$$P \text{ requerida} = 4 \cdot P \text{ bomba} - P \text{ recuperada} = 1967.98 \text{ kW}$$

La turbina Pelton se sitúa entre las bombas y los bastidores de osmosis inversa, para impulsar la corriente de alimentación con la corriente de rechazo como se ha explicado previamente.

### 2.3.6. Sistema de limpieza de las membranas

En el presente proyecto se va a dimensionar el volumen del tanque agitador, la bomba necesaria y el filtro previo a las membranas de osmosis inversa.

#### A) TANQUE AGITADOR

El volumen del tanque agitador debe ser mayor al volumen de agua que pueden contener las membranas en su totalidad junto con los conductos de la recirculación para la limpieza, yendo a las hojas de características de las membranas proporcionadas por el fabricante TORAY obtenemos el diámetro y longitud de cada membrana:

Diámetro membrana	0.201 m
Longitud membrana	1.016 m

Con estos datos podemos calcular el volumen total que contendrían las 1442 membranas semipermeables que se van a instalar:

$$V_{\text{tanque agitador}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot N_{\text{membranas}} = \frac{\pi \cdot 0.201^2}{4} \cdot 1.016 \cdot 1442 = 47.1 \text{ m}^3$$

Estimando una longitud de conductos de limpieza de unos 70 m, considerando que el caudal va a ser el caudal del permeado es decir 997.5 m<sup>3</sup>/h y fijando una velocidad de 3 m/s, podemos obtener el área necesaria por conducto y por tanto el volumen que contendrán los mismos:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Qp}{V} = 0.09 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.09}{\pi}} = 0.342 \text{ m}$$

Sabiendo que el diámetro interior mínimo de los conductos va a ser 0.342 m se obtiene el volumen de los conductos:

$$V_{\text{conductos limpieza}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{interior}}^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0.342^2}{4} \cdot 70 = 6.43 \text{ m}^3$$

Por tanto, el volumen total necesario mínimo para el tanque agitador es de 52.9 m<sup>3</sup>, se va a dimensionar para estar del lado de la seguridad en un 30% obteniendo un volumen para el tanque agitador de 70 m<sup>3</sup>.

B) FILTROS, TUBERÍAS Y BOMBAS DE LIMPIEZA

Las bombas de impulsión en el sistema de limpieza deben ser capaces de hacer atravesar el flujo a través de los filtros por lo que antes de dimensionar las bombas se deben seleccionar los filtros del sistema.

Se empleará un filtro de cartuchos vertical de dos cuerpos de la marca TREPOVI, concretamente el modelo FCV2-1200-70 que introduce una pérdida de carga de 40 m.c.a..

Para calcular la potencia de la bomba del sistema de limpieza se sigue el mismo proceso que hasta el momento, seleccionando un diámetro de la tabla 1 que cumpla, diámetro SDR26 400 mm y obteniendo lo siguiente:

Área/tubería	0.10717257	m <sup>2</sup>
Velocidad	2.58539402	m/s
Longitud	70	m
Re	293994.548	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.02904999	
hf	0.72539542	m

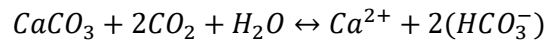
Empleando la ecuación de Bernoulli sin diferencia de alturas y con una diferencia de presión de 40 m.c.a. se obtiene la altura de la bomba necesaria y la correspondiente potencia.

$$hb = (z2 - z1) + \frac{p2}{2g} - \frac{p1}{2g} + hf = 40.72 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Qf \cdot hb = 113.68 \text{ kW}$$

## 2.4. Post tratamiento

Para calcular el consumo de calcita y de dióxido de carbono es necesario conocer la reacción que tiene lugar en los lechos de calcita:



Suponiendo que el pH de salida de los bastidores es de 5,5 y suponiendo una dosis media necesaria de 55 ppm (55g/m<sup>3</sup>). La cantidad de calcita a consumir si el caudal es de 997.5 m<sup>3</sup>/h es:

$$Cantidad\ calcita = 0.055\ kg/m^3 \cdot 997.5\ m^3/h = 54.86\ kg/h$$

Una vez conocida la cantidad de calcita podemos calcular la cantidad de dióxido de carbono que deben introducir los disolvedores:

$$Cantidad\ CO_2 = 24.14\ kg/h$$

Como paso final el agua requiere la adición de cloro para eliminar elementos patógenos y perjudiciales para la salud, para ello se dosifica hipoclorito sódico (NaClO).

- Caudal de agua a tratar 997.5 m<sup>3</sup>/h
- Dosis media = 5 ppm
- Riqueza 13%
- Densidad disolución 1240 g/l

$$Q_{NaClO} = \frac{Qp \cdot Dosis\ media}{Densidad\ solución \cdot Riqueza} = 30.94\ l/h$$

La dosificación se realizará previa a la entrada del agua en el tanque de flotación la bomba dosificadora tendrá un caudal unitario igual o superior a 31 l/h y una disposición de 1 + 1R.

El volumen del tanque para almacenar el producto a dosificar se dimensionará para tener una autonomía de 15 días requiriendo un volumen de 11.5 m<sup>3</sup>.

Tras finalizar el post tratamiento el agua permeada cumple con la calidad requerida y es apta para consumo humano, dicha agua se almacenará como se explica en el siguiente punto.

## 2.5. Almacenamiento agua potable

### 2.5.1. Depósito agua potable

El caudal de agua de permeado, es decir de producto que ha pasado por el postratamiento es:

	23940	m <sup>3</sup> /día
Qp	997.5	m <sup>3</sup> /h
	0.277	m <sup>3</sup> /s

Se debe asumir un tiempo de retención máximo para el caudal de agua previo a la distribución, este tiempo se va a considerar que sea de 1 día, puesto que así en caso de que surgiese algún problema en la planta desalinizadora habría cierto margen para su reparación si se tratase de pequeñas averías, desajustes de parámetros o problemáticas similares.

De manera que el volumen del depósito debería ser mínimo de 23940 m<sup>3</sup>, se ha decidido dividir dicho volumen en dos depósitos cilíndricos de hormigón idénticos con las siguientes dimensiones:

Altura	25 m
Radio interior	12.5 m
Volumen/depósito	12272 m <sup>3</sup>
Volumen total	24544 m <sup>3</sup>

### 2.5.2. Conductos y bombas de agua potable

El diseño de la red de distribución del agua no entra dentro del alcance de este proyecto.

Sin embargo, sí que se deben diseñar los conductos para trasegar el agua desde la salida del lecho de calcita hasta el depósito de agua potable. Para ello siguiendo el mismo procedimiento que para todos los casos anteriores y conociendo que el caudal, es el caudal de permeado:

	997.5	m <sup>3</sup> /h
Qp	0.27708333	m <sup>3</sup> /s

Se fija la velocidad en 2 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Qf}{V} = 0.138 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.138}{\pi}} = 0.419 \text{ m}$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, el diámetro 450 mm SDR33. Con este diámetro se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método que en los previos conductos.

Obteniendo lo siguiente:

Área/tubería	0.14387238	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.92589668	m/s
Longitud	100	m
Re	293994.548	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.0279012	
hf	0.63990139	m

Empleando la ecuación de Bernoulli sin diferencia de presiones puesto que tanto el depósito como la salida del lecho de calcita se encuentran a presión atmosférica. La entrada de agua al depósito se encuentra a 26 m de altura por lo que la altura de la bomba será:

$$hb = (z2 - z1) + \frac{p2}{2g} - \frac{p1}{2g} + hf = 25 + hf = 25.63 \text{ m}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Qf \cdot hb = 71.57 \text{ kW}$$

Será necesaria una bomba con una potencia de 71.57 kW.



## 2.6. Tratamiento aguas rechazo y limpieza

### 2.6.1. Conductos y bombas de agua de rechazo y limpieza

#### A) DESDE RECHAZO HASTA DECANTACIÓN

Las tuberías del caudal de rechazo hasta el depósito de decantación trasegaran el caudal de rechazo del proceso de osmosis inversa:

$$Q_r \quad \begin{array}{ll} 1219.17 & \text{m}^3/\text{h} \\ 0.33865833 & \text{m}^3/\text{s} \end{array}$$

Se fija la velocidad en 2 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Q_f}{V} = 0.169 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.169}{\pi}} = 0.464 \text{ m}$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 5, el diámetro 560 mm SDR17. Obteniendo lo siguiente:

Área/tubería	0.19135516	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.76978937	m/s
Longitud	150	m
Re	359327.652	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.02676067	
hf	0.73356001	m

Empleando la ecuación de Bernoulli sin diferencia de alturas y sabiendo que la presión en los bastidores es elevada y se emplea prácticamente en su totalidad para mover la turbina Pelton y recuperar energía y que la presión del depósito de decantación es la presión atmosférica. La altura de la bomba será:

$$hb = (z_2 - z_1) + \frac{p_2}{2g} - \frac{p_1}{2g} + hf = hf$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q_f \cdot hb = 2.5 \text{ kW}$$

Será necesaria una bomba con una potencia de 2.5 kW.

B) DESDE LA PISCINA DE CAPTACIÓN A SALIDA DEL DEPÓSITO DE DECANTACIÓN

La tubería debe calcularse como se ha hecho hasta el momento con el resto. La tubería trasegará el caudal de mezcla calculado en el punto 4.2 para reducir la concentración de sales.

$$Q_r \quad \begin{array}{ll} 897.243333 & \text{m}^3/\text{h} \\ 0.24923426 & \text{m}^3/\text{s} \end{array}$$

Se fija la velocidad en 2 m/s y empleando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene que:

$$\text{Área necesaria} = \frac{Q_f}{V} = 0.124 \text{ m}^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.169}{\pi}} = 0.398 \text{ m}$$

De nuevo se escoge el primer diámetro superior al necesario de la Tabla 1, el diámetro 450 mm SDR26. Con este diámetro se calcula el Reynolds, se obtienen los parámetros G y T y se procede a calcular el factor de fricción y las pérdidas de carga en la tubería siguiendo el mismo método que en los previos conductos.

Obteniendo lo siguiente:

Área/tubería	0.13565661	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.83724376	m/s
Longitud	300	m
Re	264445.762	
G	6.732	
T	0.9104	
f	0.02818032	
hf	1.90484405	m

Empleando la ecuación de Bernoulli sin diferencia de alturas y sabiendo que la presión en los ambos extremos es la atmosférica. La altura de la bomba será:

$$h_b = (z_2 - z_1) + \frac{p_2}{2g} - \frac{p_1}{2g} + h_f = h_f$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q_f \cdot h_b = 4.78 \text{ kW}$$

Será necesaria una bomba con una potencia de 4.78 kW.

## 2.7. Emisario submarino

El emisario tendrá una longitud de 1500 m y una velocidad de circulación máxima de 1 m/s, se localizará lejos de la torre de toma.

El caudal del emisario es la suma del caudal de rechazo y del caudal necesario de mezcla para reducir la salinidad del agua de rechazo, siendo:

$$Q_{emisario} = Q_r + Q_m = 1219.17m^3/h + 897.24m^3/h = 2116.41m^3/h$$

Aplicando la ecuación de flujo volumétrico se obtiene el área mínima requerida.

$$A_{min} = \frac{Q_e}{V} = 0.587 m^2 \rightarrow \phi_{emisario} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{min}}{\pi}} = 0.865 m$$

De nuevo seleccionando un diámetro de la tabla 1 que cumpla y que además soporte cierta presión se selecciona un diámetro de 1000 mm SDR21.

Una vez alcanzados los 1500 m de longitud el emisario se divide en dos conductos en forma de Y en los cuales se dispondrán los difusores con una inclinación de 45° respecto a la línea de costa y separados entre sí 3 m.

Se diseñan para una velocidad máxima de descarga de 6 m/s y se van a emplear 12 difusores de manera que:

$$\frac{\text{Área necesaria}}{\text{difusor}} = \frac{Q_e/V}{12 \text{ difusores}} = 8.165 \cdot 10^{-3} m^2 \rightarrow \phi_{difusor} = 0.1 m$$

Teniendo en cuenta que desde la bifurcación de conductos en Y se dejan 2 metros hasta el primer difusor y que cada rama tendrá 6 difusores la longitud necesaria de las ramas es de 32 m.

### 3. Cálculos VAN y TIR estudio de viabilidad

#### 3.1. Amortización a 15 años

Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos	-37,896,172.82 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €
Gastos fijos		2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €
Gastos variables		4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €
Amortización lineal		2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €
BAI		2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €
Impuestos		525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €
Beneficio neto		1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €
Flujo de caja		4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €
Flujo de caja actualizado		3,926,942.18 €	3,757,839.40 €	3,596,018.57 €	3,441,166.09 €	3,292,981.91 €	3,151,178.86 €	3,015,482.16 €
Plazo de recuperación		-33,969,230.64 €	-30,211,391.24 €	-26,615,372.67 €	-23,174,206.57 €	-19,881,224.67 €	-16,730,045.81 €	-13,714,563.64 €

Año	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €	11,843,118.00 €
Gastos fijos	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €	2,532,923.42 €
Gastos variables	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €	4,680,792.32 €
Amortización lineal	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €	2,526,411.52 €
BAI	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €	2,102,990.74 €
Impuestos	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €	525,747.68 €
Beneficio neto	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €	1,577,243.05 €
Flujo de caja	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €	4,103,654.58 €
Flujo de caja actualizado	2,885,628.86 €	2,761,367.33 €	2,642,456.78 €	2,528,666.77 €	2,419,776.82 €	2,315,575.90 €	2,215,862.11 €	2,120,442.21 €
Plazo de recuperación	-10,828,934.78 €	-8,067,567.45 €	-5,425,110.67 €	-2,896,443.89 €	-476,667.08 €	1,838,908.83 €	4,054,770.93 €	6,175,213.14 €

n (años)	15
VAN	6,175,213.14 €
TIR	7%
Payback	8.7 años

Tabla 4: Cálculos estudio viabilidad amortización a 15 años

**ANEXO II**  
**SIMULACIONES**  
**TORAY DS2 V3**

## ÍNDICE SIMULACIONES TORAY DS2 V3

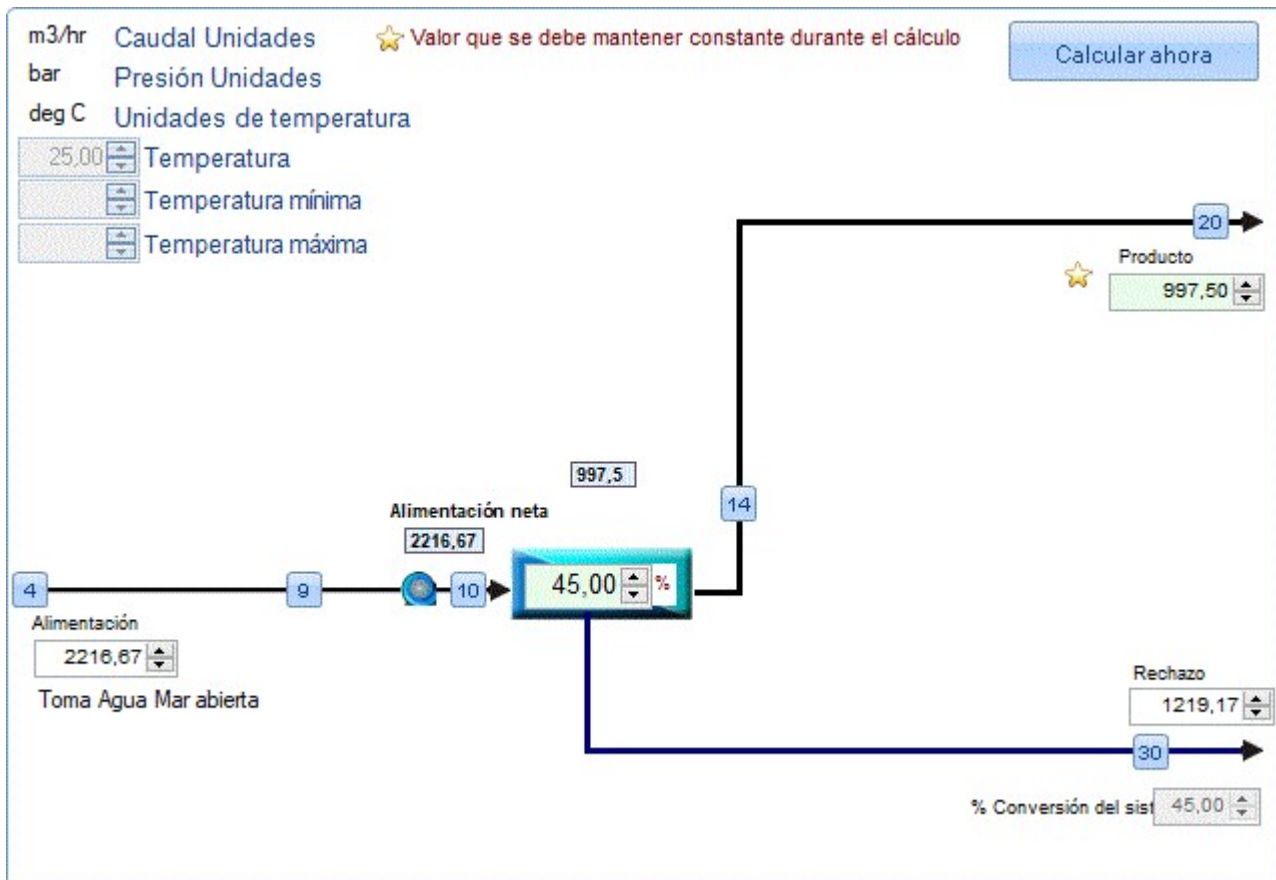
<b>1.</b>	<b>Simulación Toray 7 membranas por tubo que cumple .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Simulación Toray 7 membranas por tubo que no cumple .....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Simulación Toray 8 membranas por tubo que cumple .....</b>	<b>13</b>



Short Report	
Proyecto	LAPTOP-AC5BOP61\Nerea Usuario 93:nerea
Caso	1 New Case
Revisión	0 New Revision
Calculation Mode	Tipo del agua de alimentación: Toma Agua Mar abierta; AutoBalance is ON
Toray DS2	2.3.3.211(1.2.8.124) (DB:v2,8)
Membrane DB	20164

		Paso 1	Total
TDS del agua bruta	mg/L	,2	,18
TDS Producto	mg/L	0,0028	0,0028
Temperatura	deg C	25,00	
Presión de Alimentación	bar	10,098	
Presión de rechazo	bar	9,137	
dp total	bar	0,961	
Caudal Alimentación	m3/hr	2.217	
Caudal de producto	m3/hr	997,5	
Conversión	%	45,0%	
Caudal de rechazo	m3/hr	1.219	
Factor de caudal	3,00 años	0,955	
Aumento paso de sales % (Max)	3,00 años	33,10%	
Flujo medio	l/m2/hr	16,923	

**Diagrama Flujo:**





## Paso 1

Stage/Bank Data	Units	Stage 1
Element Type		TM820V-440(7)
Total elementos	pcs	1442
Total de cajas de presión	pcs	206
Elementos por caja de presión	pcs	7
Product Flow	m3/hr	997,5
Average Flux	l/m2/hr	16,923
Recovery	%	45,0%
Feed Pressure	bar	10,098
Presión booster	bar	0,0
Pérdida en tuberías	bar	0,0
Permeate Pressure	bar	0,0
Permeate TDS	mg/l	0,0
Primer elemento		Stage 1
Primer elemento	m3/hr	10,761
Flujo elemento	l/m2/hr	17,705
Last Element		Stage 1
Brine Flow	m3/hr	5,918

Iones		Alimentación	Alimentación neta	Conc.	Producto
Ca	mg/L	0,05	0,05	0,0908	0,0001
Mg	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Na	mg/L	0,0001	0,0001	0,0002	5,95E-07
K	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Ba	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NH4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3	mg/L	0,100	0,100	0,180	0,0026
CO3	mg/L	0,0005	0,0005	0,0011	1,69E-06
CO2	mg/L	0,0017	0,0017	0,0023	0,0003
Cl	mg/L	0,03	0,03	0,0545	3,55E-05
Cl (Front/Rear)	mg/L	0,03	0,03	0,0545	2,62E-05 / 4,80E-05
SO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NO3	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
F	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Br	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
PO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO2	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro)	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro) Front/Rear	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0 / 0,0
TDS	mg/L	0,181	0,181	0,327	0,0028
EC @25C / @25,00C	uS	1 / 1	1 / 1	1 / 1	,1 / ,1
pH		8,000	8,000	8,108	7,152

LSI / SDSI		-5,34 / -5,46	-5,34 / -5,46	-4,77 / -4,89	-6,85 / -8,77
CaSO4 / SrSO4%	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%
BaSO4 / % SiO2	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%

Disclaimer: The program is intended to be used by persons having technical skill, at their own discretion and risk. The projections, obtained with the program, are the expected system performance, based on the average, nominal element-performance and are not automatically guaranteed. Toray shall not be liable for any error or miscalculation in the program. The obtained results cannot be used to raise any claim for liability or warranty. It is the users responsibility to make provisions against fouling, scaling and chemical attacks, to account for piping and valve pressure losses, feed pump suction pressure and permeate backpressure. For questions please contact us:

Toray Industries, Inc., Water Treatment Division, RO Membrane Products Dept.  
1-1, Nihonbashi-muromachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8666, Japan  
TEL +81-3-3245-4540 FAX +81-3-3245-4913

Toray Membrane USA, Inc.  
13435 Danielson St., Poway, CA, 92064, USA  
TEL +1-858-218-2360 FAX +1-858-218-2380

Toray Membrane Europe AG  
Grabenackerstrasse 8 P.O. Box 832 CH-4142 Munchenstein 1, Switzerland  
TEL +41-61-415-8710 FAX +41-61-415-8720

Toray Asia Pte. Ltd.  
111 Somerset Road, #14-01, Singapore 238164  
TEL +65-6226-0525 FAX +65-6226-0509

Toray Bluestar Membrane Co., Ltd.  
Zone B, Tianzhu Airport Industrial Zone, Beijing 101318, China  
TEL +86-10-80485216 FAX +86-10-80485217

Toray Membrane Middle East LLC  
P.O. Box 20279, Al Khobar 31952, Kingdom of Saudi Arabia  
TEL +966-13-568-0091 FAX +966-13-568-0093

Toray Advanced Materials Korea Inc.  
Korea Toray R&D Center 7, Magokdong-ro10-gil, Gangseo-gu, Seoul, 07790, Republic of Korea  
TEL +82-2-3279-7389 FAX +82-2-3279-7088

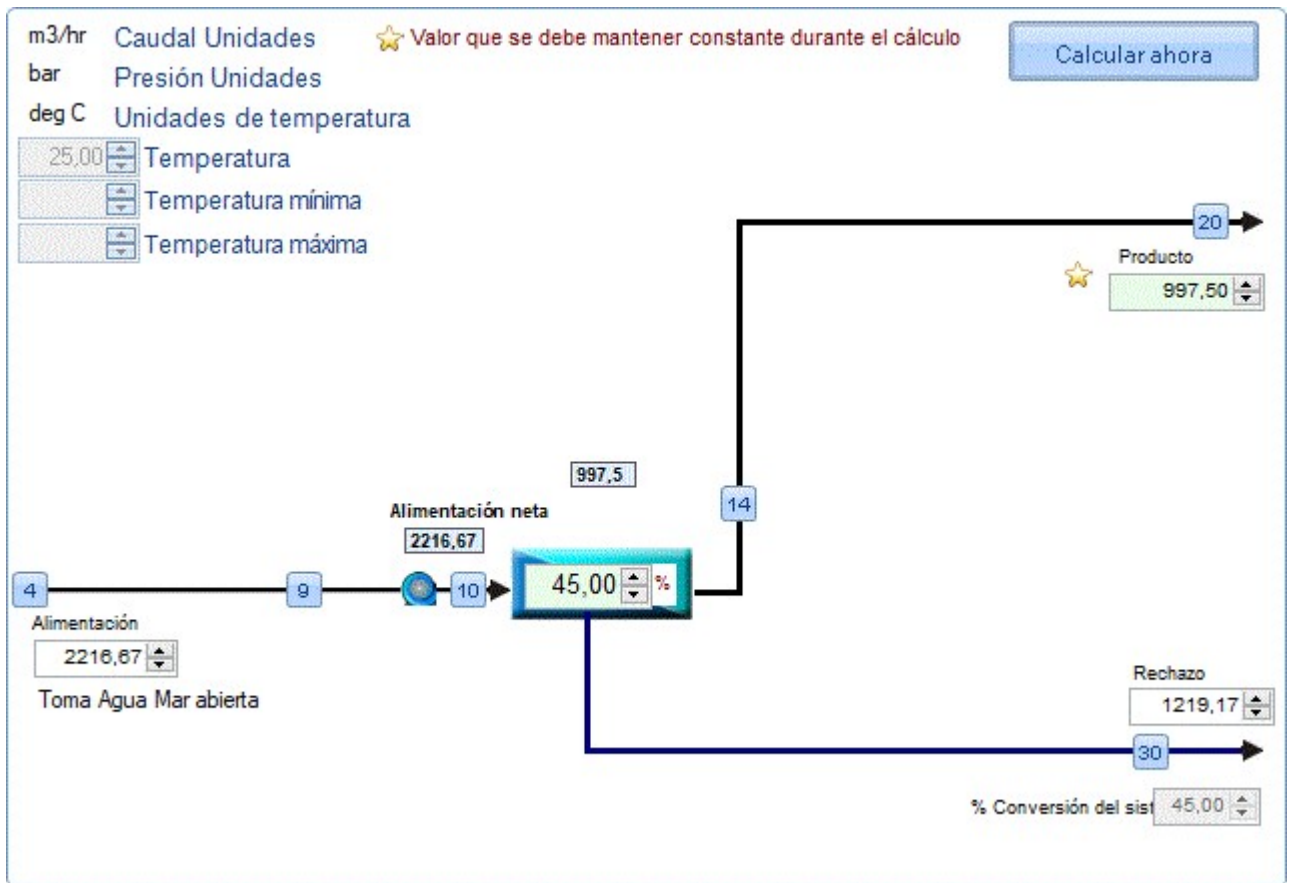
<http://www.toraywater.com/>



Short Report		
Proyecto	LAPTOP-AC5BOP61\Nerea Usuario 93:nerea	
Caso	1	New Case
Revisión	0	New Revision
Calculation Mode	Tipo del agua de alimentación: Toma Agua Mar abierta; AutoBalance is ON	
Toray DS2	2.3.3.211(1.2.8.124) (DB:v2,8)	
Membrane DB	20164	

		Paso 1	Total
TDS del agua bruta	mg/L	,2	,18
TDS Producto	mg/L	0,0025	0,0025
Temperatura	deg C	25,00	
Presión de Alimentación	bar	23,49	
Presión de rechazo	bar	20,66	
dp total	bar	2,828	
Caudal Alimentación	m3/hr	2.217	
Caudal de producto	m3/hr	997,5	
Conversión	%	45,0%	
Caudal de rechazo	m3/hr	1.219	
Factor de caudal	3,00 años	0,955	
Aumento paso de sales % (Max)	3,00 años	33,10%	
Flujo medio	l/m2/hr	38,31	

**Diagrama Flujo:**



## Paso 1

Stage/Bank Data	Units	Stage 1
Element Type		TM820V-440(7)
Total elementos	pcs	637
Total de cajas de presión	pcs	91
Elementos por caja de presión	pcs	7
Product Flow	m3/hr	997,5
Average Flux	l/m2/hr	38,31
Recovery	%	45,0%
Feed Pressure	bar	23,49
Presión booster	bar	0,0
Pérdida en tuberías	bar	0,0
Permeate Pressure	bar	0,0
Permeate TDS	mg/l	0,0
Primer elemento		Stage 1
Primer elemento	m3/hr	24,36
Flujo elemento	l/m2/hr	40,58
Last Element		Stage 1
Brine Flow	m3/hr	13,397

Iones		Alimentación	Alimentación neta	Conc.	Producto
Ca	mg/L	0,05	0,05	0,0908	7,40E-05
Mg	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Na	mg/L	0,0001	0,0001	0,0002	3,08E-07
K	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Ba	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NH4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3	mg/L	0,100	0,100	0,180	0,0024
CO3	mg/L	0,0005	0,0005	0,0011	1,37E-06
CO2	mg/L	0,0017	0,0017	0,0023	0,0003
Cl	mg/L	0,03	0,03	0,0545	1,84E-05
Cl (Front/Rear)	mg/L	0,03	0,03	0,0545	1,33E-05 / 2,51E-05
SO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NO3	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
F	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Br	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
PO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO2	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro)	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro) Front/Rear	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0 / 0,0
TDS	mg/L	0,181	0,181	0,327	0,0025
EC @25C / @25,00C	uS	1 / 1	1 / 1	1 / 1	,1 / ,1
pH		8,000	8,000	8,108	7,096

LSI / SDSI		-5,34 / -5,46	-5,34 / -5,46	-4,76 / -4,89	-6,90 / -8,89
CaSO4 / SrSO4%	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%
BaSO4 / % SiO2	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%

Disclaimer: The program is intended to be used by persons having technical skill, at their own discretion and risk. The projections, obtained with the program, are the expected system performance, based on the average, nominal element-performance and are not automatically guaranteed. Toray shall not be liable for any error or miscalculation in the program. The obtained results cannot be used to raise any claim for liability or warranty. It is the users responsibility to make provisions against fouling, scaling and chemical attacks, to account for piping and valve pressure losses, feed pump suction pressure and permeate backpressure. For questions please contact us:

Toray Industries, Inc., Water Treatment Division, RO Membrane Products Dept.  
1-1, Nihonbashi-muromachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8666, Japan  
TEL +81-3-3245-4540 FAX +81-3-3245-4913

Toray Membrane USA, Inc.  
13435 Danielson St., Poway, CA, 92064, USA  
TEL +1-858-218-2360 FAX +1-858-218-2380

Toray Membrane Europe AG  
Grabenackerstrasse 8 P.O. Box 832 CH-4142 Munchenstein 1, Switzerland  
TEL +41-61-415-8710 FAX +41-61-415-8720

Toray Asia Pte. Ltd.  
111 Somerset Road, #14-01, Singapore 238164  
TEL +65-6226-0525 FAX +65-6226-0509

Toray Bluestar Membrane Co., Ltd.  
Zone B, Tianzhu Airport Industrial Zone, Beijing 101318, China  
TEL +86-10-80485216 FAX +86-10-80485217

Toray Membrane Middle East LLC  
P.O. Box 20279, Al Khobar 31952, Kingdom of Saudi Arabia  
TEL +966-13-568-0091 FAX +966-13-568-0093

Toray Advanced Materials Korea Inc.  
Korea Toray R&D Center 7, Magokdong-ro10-gil, Gangseo-gu, Seoul, 07790, Republic of Korea  
TEL +82-2-3279-7389 FAX +82-2-3279-7088

<http://www.toraywater.com/>

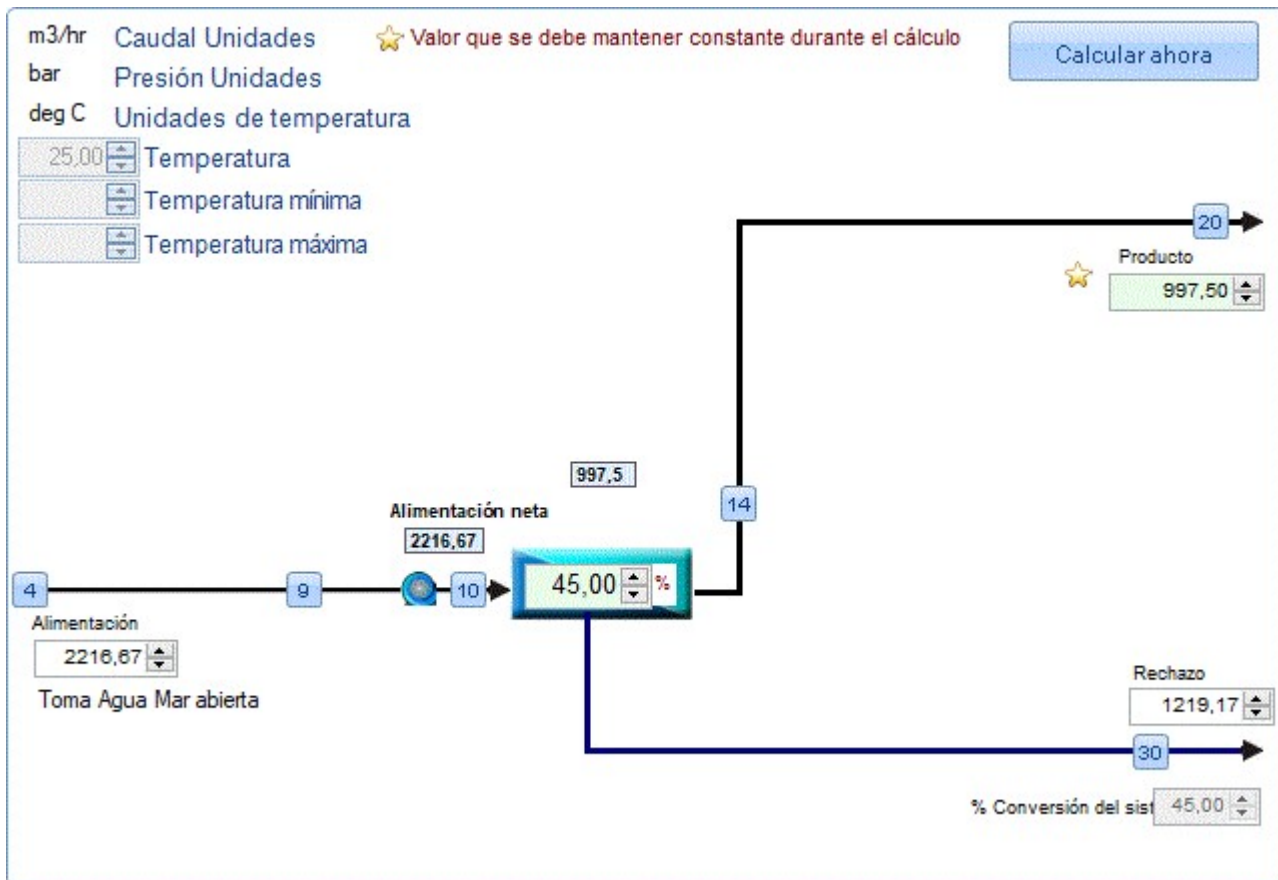




Short Report		
Proyecto	LAPTOP-AC5BOP61\Nerea Usuario 93:nerea	
Caso	1	New Case
Revisión	0	New Revision
Calculation Mode	Tipo del agua de alimentación: Toma Agua Mar abierta; AutoBalance is ON	
Toray DS2	2.3.3.211(1.2.8.124) (DB:v2,8)	
Membrane DB	20164	

		Paso 1	Total
TDS del agua bruta	mg/L	,2	,18
TDS Producto	mg/L	0,0028	0,0028
Temperatura	deg C	25,00	
Presión de Alimentación	bar	10,301	
Presión de rechazo	bar	9,004	
dp total	bar	1,297	
Caudal Alimentación	m3/hr	2.217	
Caudal de producto	m3/hr	997,5	
Conversión	%	45,0%	
Caudal de rechazo	m3/hr	1.219	
Factor de caudal	3,00 años	0,955	
Aumento paso de sales % (Max)	3,00 años	33,10%	
Flujo medio	l/m2/hr	16,946	

**Diagrama Flujo:**



## Paso 1

Stage/Bank Data	Units	Stage 1
Element Type		TM820V-440(8)
Total elementos	pcs	1440
Total de cajas de presión	pcs	180
Elementos por caja de presión	pcs	8
Product Flow	m3/hr	997,5
Average Flux	l/m2/hr	16,946
Recovery	%	45,0%
Feed Pressure	bar	10,301
Presión booster	bar	0,0
Pérdida en tuberías	bar	0,0
Permeate Pressure	bar	0,0
Permeate TDS	mg/l	0,0
Primer elemento		Stage 1
Primer elemento	m3/hr	12,315
Flujo elemento	l/m2/hr	18,030
Last Element		Stage 1
Brine Flow	m3/hr	6,773

Iones		Alimentación	Alimentación neta	Conc.	Producto
Ca	mg/L	0,05	0,05	0,0908	0,0001
Mg	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Na	mg/L	0,0001	0,0001	0,0002	5,90E-07
K	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Ba	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NH4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3	mg/L	0,100	0,100	0,180	0,0026
CO3	mg/L	0,0005	0,0005	0,0011	1,69E-06
CO2	mg/L	0,0017	0,0017	0,0023	0,0003
Cl	mg/L	0,03	0,03	0,0545	3,52E-05
Cl (Front/Rear)	mg/L	0,03	0,03	0,0545	2,56E-05 / 4,84E-05
SO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
NO3	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
F	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Br	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
PO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO2	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro)	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
B (Boro) Front/Rear	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0 / 0,0
TDS	mg/L	0,181	0,181	0,327	0,0028
EC @25C / @25,00C	uS	1 / 1	1 / 1	1 / 1	,1 / ,1
pH		8,000	8,000	8,110	7,152

LSI / SDSI		-5,34 / -5,46	-5,34 / -5,46	-4,76 / -4,89	-6,85 / -8,77
CaSO4 / SrSO4%	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%
BaSO4 / % SiO2	%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%	0,0% / 0,0%

Disclaimer: The program is intended to be used by persons having technical skill, at their own discretion and risk. The projections, obtained with the program, are the expected system performance, based on the average, nominal element-performance and are not automatically guaranteed. Toray shall not be liable for any error or miscalculation in the program. The obtained results cannot be used to raise any claim for liability or warranty. It is the users responsibility to make provisions against fouling, scaling and chemical attacks, to account for piping and valve pressure losses, feed pump suction pressure and permeate backpressure. For questions please contact us:

Toray Industries, Inc., Water Treatment Division, RO Membrane Products Dept.  
1-1, Nihonbashi-muromachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8666, Japan  
TEL +81-3-3245-4540 FAX +81-3-3245-4913

Toray Membrane USA, Inc.  
13435 Danielson St., Poway, CA, 92064, USA  
TEL +1-858-218-2360 FAX +1-858-218-2380

Toray Membrane Europe AG  
Grabenackerstrasse 8 P.O. Box 832 CH-4142 Munchenstein 1, Switzerland  
TEL +41-61-415-8710 FAX +41-61-415-8720

Toray Asia Pte. Ltd.  
111 Somerset Road, #14-01, Singapore 238164  
TEL +65-6226-0525 FAX +65-6226-0509

Toray Bluestar Membrane Co., Ltd.  
Zone B, Tianzhu Airport Industrial Zone, Beijing 101318, China  
TEL +86-10-80485216 FAX +86-10-80485217

Toray Membrane Middle East LLC  
P.O. Box 20279, Al Khobar 31952, Kingdom of Saudi Arabia  
TEL +966-13-568-0091 FAX +966-13-568-0093

Toray Advanced Materials Korea Inc.  
Korea Toray R&D Center 7, Magokdong-ro10-gil, Gangseo-gu, Seoul, 07790, Republic of Korea  
TEL +82-2-3279-7389 FAX +82-2-3279-7088

<http://www.toraywater.com/>

# **ANEXO III**

**REFERENCIA CATASTRAL**

**TERRENO**

## ÍNDICE REFERENCIA CATASTRAL TERRENO

1.	Referencia catastral .....	3
2.	Cartografía.....	5

## Consulta y certificación de Bien Inmueble

### FECHA Y HORA

Fecha

28/8/2023

Hora

19:37:29

### DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral

12138A022000010000RL

Localización

Polígono 22 Parcela 1

TORRE SU/ER. VINAROS (CASTELLÓN)

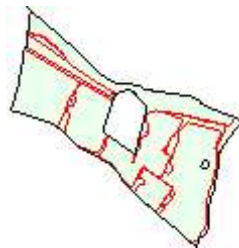
Clase

Rústico

Uso principal

Agrario

### PARCELA CATASTRAL



Localización

Polígono 22 Parcela 1

TORRE SU/ER. VINAROS (CASTELLÓN)

Superficie gráfica

221.131 m<sup>2</sup>

### CULTIVO

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m <sup>2</sup>
a	E- Pastos	00	57.687
b	NR Agrios regadío	05	8.918
c	NR Agrios regadío	05	34.004
d	NR Agrios regadío	05	24.175
e	NR Agrios regadío	05	30.963
f	NR Agrios regadío	01	9.502
g	CR Labor o labradío regadío	05	50.455
h	E- Pastos	00	2.836



i	E- Pastos	00	394
j	E- Pastos	00	523
k	I- Improductivo	00	32
l	I- Improductivo	00	32
m	I- Improductivo	00	8
n	NR Agrios regadío	05	49
p	I- Improductivo	00	65
q	I- Improductivo	00	31
r	E- Pastos	00	1.456



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

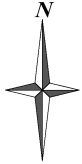
DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO



Provincia de CASTELLÓN  
Municipio de VINAROS  
Coordenadas U.T.M. Huso: 31 ETRS89

ESCALA 1:15,000

200m 0 200 400m

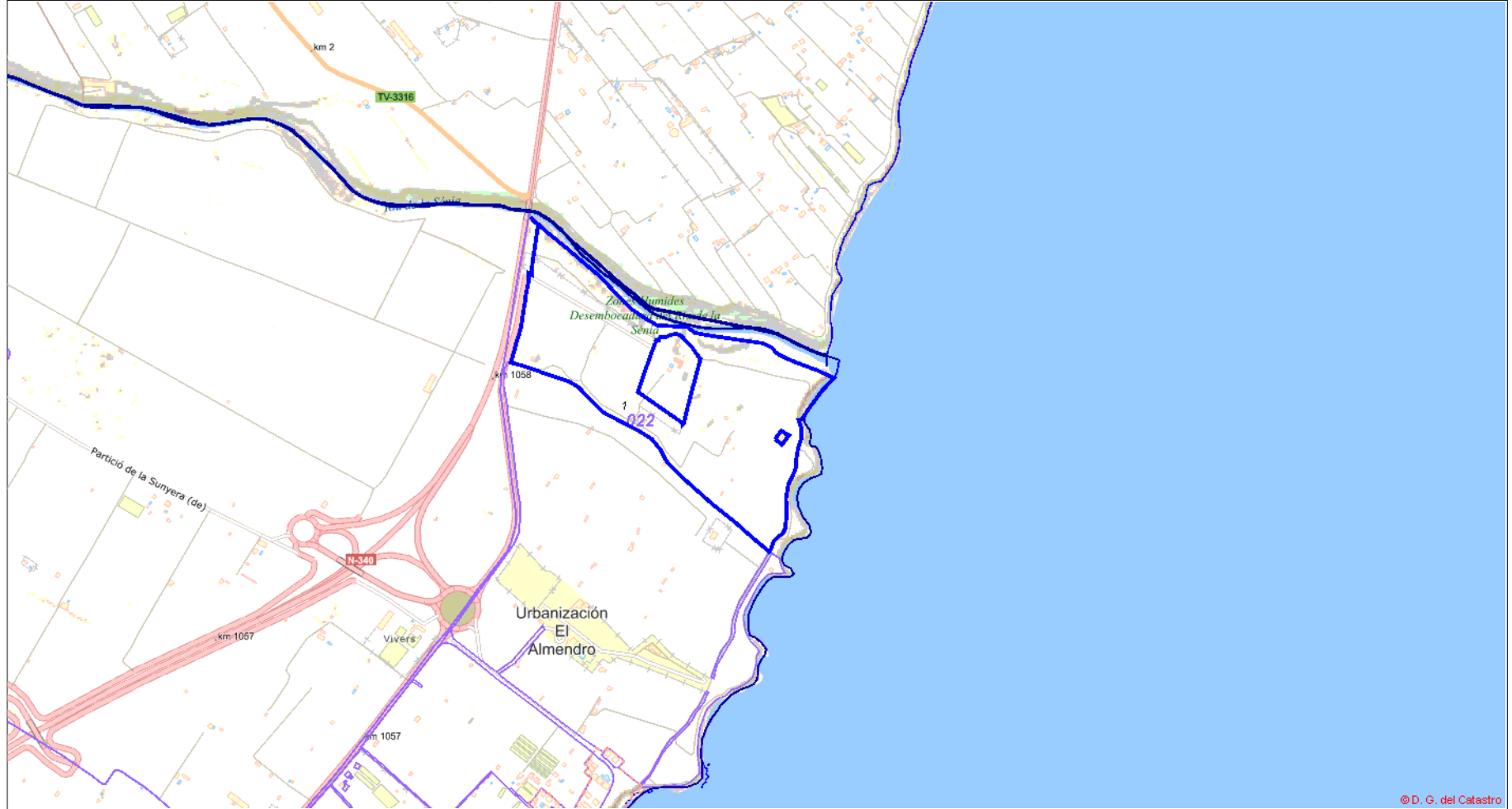


CARTOGRAFÍA CATASTRAL

Parcela Catastral: 12138A02200001

[287,491 ; 4,489,642]

[291,091 ; 4,489,642]



[287,491 ; 4,487,692]

[291,091 ; 4,487,692]

© D. G. del Catastro

# **PRESUPUESTO**

## ÍNDICE PRESUPUESTO

<b>1.</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Resumen presupuesto de ejecución material por capítulos.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Resumen presupuesto contrata .....</b>	<b>8</b>

# 1. Presupuesto

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1 OBRA CIVIL</b>					
<b>Subcapítulo 1 Acondicionamiento del terreno y excavaciones</b>					
<b>Apartado 1.1.1. Planta desaladora</b>					
	Desbroza y limpia: terreno con desniveles mínimos, con medios mecánicos y 50 cm de profundidad	175000	m2	1.90 €	332,500.00 €
	Nivelación	175000	m2	12.23 €	2,140,250.00 €
	Relleno y compactación	175000	m2	8.06 €	1,410,500.00 €
	Empedrado	20000	m3	8.84 €	176,800.00 €
	Solera	20000	m3	15.33 €	306,600.00 €
<b>Apartado 1.1.2. Piscina de captación</b>					
	Excavación a cielo abierto	1500	m2	4.99 €	7,485.00 €
	Relleno y compactación	1500	m2	4.02 €	6,030.00 €
<b>Apartado 1.1.3. Depósitos agua potable</b>					
	Excavación a cielo abierto	1000	m2	4.99 €	4,990.00 €
	Relleno y compactación	1000	m2	4.02 €	4,020.00 €
<b>Apartado 1.1.4. Transporte de tierras</b>					
	Transporte de tierras y residuos	693960	m3	4.36 €	3,025,665.60 €
	Recogida	693960	m3	0.95 €	659,262.00 €
	Tratamiento	693960	m3	3.12 €	2,165,155.20 €
	Entrega a gestor autorizado	693960	m3	2.18 €	1,512,832.80 €
<b>Apartado 1.1.5. Red de saneamiento horizontal</b>					
	Arqueta prefabricada hormigón	9	ud	94.91 €	854.19 €
	Acometida general	1	ud	102.09 €	102.09 €
	Conexión con injerto mecánico	1	ud	98.13 €	98.13 €
	Colectores enterrados	9	ud	41.30 €	371.70 €
	Drenajes	9	ud	471.58 €	4,244.22 €
	Sumideros sifónicos	9	ud	21.49 €	193.41 €
<b>TOTAL Subcapítulo 1 Acondicionamiento del terreno y excavaciones</b>					<b>11,757,954.34 €</b>
<b>Subcapítulo 2 Urbanización de la parcela</b>					
<b>Apartado 1.2.1. Pavimentación, calzada y jardinería</b>					
	Bordillos	2000	m	21.89 €	43,780.00 €
	Pavimento peatonal adoquines cerámicos clinker	10000	m2	32.41 €	324,100.00 €
	Firme flexible calzada	8000	m2	28.49 €	227,920.00 €
	jardinería césped	15000	m2	9.37 €	140,550.00 €
	Farolas iluminación exterior	60	ud	1,331.68 €	79,900.80 €
	Bocas de riego y de incendio	80	ud	137.37 €	10,989.60 €
<b>Apartado 1.2.2. Mobiliario urbano</b>					
	Banco metálico	10	ud	275.18 €	2,751.80 €
	Papelera metálica	20	ud	174.55 €	3,491.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 2 Urbanización de la parcela</b>					<b>833,483.20 €</b>

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>Subcapítulo 3 Cimentaciones</b>					
	<b>Apartado 1.3.1.</b> Semiprofundas pozos de cimentación de hormigón ciclópeo	2000	m3	74.16	148320
	<b>Apartado 1.3.2.</b> Regularización hormigón de limpieza	2000	m3	80.46	160920
	<b>Apartado 1.3.3.</b> Encepados de grupo de pilotes	2000	m3	239.38	478760
	<b>Apartado 1.3.4.</b> Contenciones muros contención tipo H	2000	m3	76.86	153720
	<b>Apartado 1.3.5.</b> Arriostramientos	2000	m3	193.59	387180
<b>TOTAL Subcapítulo 3 Cimentaciones</b>					<b>1,328,900.00 €</b>
<b>Subcapítulo 4 Redes enterradas</b>		2600	m3	95.18	247,468.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 4 Redes enterradas</b>					<b>247,468.00 €</b>
<b>Subcapítulo 5 Edificaciones uso industrial</b>					
	<b>Apartado 1.5.1. Pretratamiento</b> Estructura: forjado, pilares, vigas, pórticos, fachadas, arriostramientos, cubierta, cerramientos	400	m2	815.05	326,020.00 €
	<b>Apartado 1.5.2. Osmosis inversa</b> Estructura: forjado, pilares, vigas, pórticos, fachadas, arriostramientos, cubierta, cerramientos	450	m2	815.05	366,772.50 €
	<b>Apartado 1.5.3. Almacén y taller</b> Estructura: forjado, pilares, vigas, pórticos, fachadas, arriostramientos, cubierta, cerramientos	300	m2	429.84	128,952.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 5 Edificaciones uso industrial</b>					<b>821,744.50 €</b>
<b>Subcapítulo 6 Edificaciones uso no industrial</b>					
	<b>Apartado 1.6.1. Oficinas y control</b> Estructura: forjado, pilares, vigas, pórticos, fachadas, arriostramientos, cubierta, cerramientos	200	m2	1944.21	388,842.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 6 Edificaciones uso no industrial</b>					<b>388,842.00 €</b>
<b>Subcapítulo 7 Equipos de trabajo</b>					
	<b>Apartado 1.7.1. Ordenadores y equipos de oficina</b>				55,000.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 7 Equipos de trabajo</b>					<b>55,000.00 €</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 1 OBRA CIVIL</b>					<b>15,433,392.04 €</b>

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 2 INSTALACIONES AUXILIARES</b>					
	Subcapítulo 1 Telecomunicaciones	1	ud	35,896.00 €	35,896.00 €
	Subcapítulo 2 Climatización	1	ud	56,853.00 €	56,853.00 €
	Subcapítulo 3 Eléctrica	1	ud	1,859,620.00 €	1,859,620.00 €
	Subcapítulo 4 Fontanería	1	ud	1,654,628.00 €	1,654,628.00 €
	Subcapítulo 5 Iluminación	1	ud	982,587.00 €	982,587.00 €
	Subcapítulo 6 Contra incendios	1	ud	438,650.00 €	438,650.00 €
	Subcapítulo 7 Protección frente a rayo	1	ud	6,292.31 €	6,292.31 €
	Subcapítulo 8 Evacuación de agua	1	ud	575,360.00 €	575,360.00 €
	Subcapítulo 9 Ventilación	1	ud	872,630.00 €	872,630.00 €
<b>TOTAL CAPÍTULO 2 INSTALACIONES AUXILIARES</b>					<b>6,482,516.31 €</b>
<b>CAPÍTULO 3 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL</b>					
	Subcapítulo 1 Sistemas de control PLC	1	ud	698,562.00 €	698,562.00 €
	Subcapítulo 2 Instrumentación	1	ud	356,853.00 €	356,853.00 €
	Subcapítulo 3 Indicadores	1	ud	195,670.00 €	195,670.00 €
	Subcapítulo 4 Sensores	1	ud	95,684.00 €	95,684.00 €
	Subcapítulo 5 Iluminación	1	ud	260,974.00 €	260,974.00 €
	Subcapítulo 6 Programación	1	ud	698,562.00 €	698,562.00 €
<b>TOTAL CAPÍTULO 3 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL</b>					<b>1,607,743.00 €</b>
<b>CAPÍTULO 4 SEGURIDAD Y SALUD</b>					
	Subcapítulo 1 Seguridad y salud	1	ud	395,680.00 €	395,680.00 €
<b>TOTAL CAPÍTULO 4 SEGURIDAD Y SALUD</b>					<b>395,680.00 €</b>

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 5 EQUIPOS</b>					
<b>Subcapítulo 1 Bombas</b>					
	Apartado 5.1.1. Bomba captación	2	ud	172,879.13 €	345,758.26 €
	Apartado 5.1.2. Bomba captación a DAF	3	ud	224,120.88 €	672,362.64 €
	Apartado 5.1.3. Bomba dosificadora FeCl3	1	ud	14,000.00 €	14,000.00 €
	Apartado 5.1.4. Bomba dosificadora NaClO	1	ud	14,000.00 €	14,000.00 €
	Apartado 5.1.5. Bomba dosificadora H2SO4	1	ud	16,000.00 €	16,000.00 €
	Apartado 5.1.6. Bomba DAF a Filtro multimedia	3	ud	165,362.64 €	496,087.91 €
	Apartado 5.1.7. Bomba dosificadora NaHSO3	1	ud	11,000.00 €	11,000.00 €
	Apartado 5.1.8. Bomba filtro multimedia a filtro de cartuchos	2	ud	219,945.05 €	439,890.10 €
	Apartado 5.1.9. Bomba Filtro de cartuchos a bastidores	5	ud	324,680.33 €	1,623,401.65 €
	Apartado 5.1.10. Bomba limpieza	2	ud	74,152.65 €	148,305.30 €
	Apartado 5.1.11. Bomba dosificadora NaClO (2)	1	ud	14,000.00 €	14,000.00 €
	Apartado 5.1.12. Bomba lecho calcita a deposito agua potable	2	ud	68,750.00 €	137,500.00 €
	Apartado 5.1.13. Bomba piscina de captación a salida deposito decantación	2	ud	152,168.36 €	304,336.72 €
	Apartado 5.1.13. Bomba bastidores a deposito decantación	2	ud	42,259.63 €	84,519.26 €
<b>TOTAL Subcapítulo 1 Bombas</b>					<b>4,321,161.84 €</b>
<b>Subcapítulo 2 Depósitos</b>					
	Apartado 5.2.1. Depósito decantación	1	ud	460,000.00 €	460,000.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 2 Depósitos</b>					<b>460,000.00 €</b>
<b>Subcapítulo 3 Tanques</b>					
	Apartado 5.3.1. Tanque DAF	1	ud	1,260,000.00 €	1,260,000.00 €
	Apartado 5.3.2. Tanque 15 m3 FeCl3 y NaClO	1	ud	12,983.25 €	12,983.25 €
	Apartado 5.3.3. Tanque 10 m3 H2SO4	1	ud	8,655.50 €	8,655.50 €
	Apartado 5.3.4. Tanque 30 m3 NaHSO3	1	ud	25,966.50 €	25,966.50 €
	Apartado 5.3.5. Tanque agitador 70m3	1	ud	60,588.50 €	60,588.50 €
	Apartado 5.2.6. Tanque NaClO 2	1	ud	10,386.60 €	10,386.60 €
<b>TOTAL Subcapítulo 3 Tanques</b>					<b>1,378,580.35 €</b>
<b>Subcapítulo 4 Torre de captación</b>					
	Apartado 5.4.1. Torre de captación	1	ud	25,000.00 €	25,000.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 4 Torre de captación</b>					<b>25,000.00 €</b>



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>Subcapítulo 5 Tuberías</b>					
	Apartado 5.5.1. SDR21 D1200mm	900	m	837.84 €	754,056.00 €
	Apartado 5.5.2. SDR33 500 mm	840	m	107.22 €	90,064.80 €
	Apartado 5.5.3. SDR33 450 mm	1080	m	87.30 €	94,284.00 €
	Apartado 5.5.4. SDR33 630 mm	20	m	170.37 €	3,407.40 €
	Apartado 5.5.5. SDR13.6 400 mm	750	m	149.46 €	112,095.00 €
	Apartado 5.5.6. SDR26 400 mm	70	m	90.39 €	6,327.30 €
	Apartado 5.5.7. SDR26 450 mm	300	m	115.47 €	34,641.00 €
	Apartado 5.5.8. SDR33 450 mm	100	m	115.47 €	11,547.00 €
	Apartado 5.5.9. SDR17 560mm	150	m	259.77 €	38,965.50 €
	Apartado 5.5.10. SDR21 D 1000mm	1564	m	689.52 €	1,078,409.28 €
<b>TOTAL Subcapítulo 5 Tuberías</b>					<b>2,223,797.28 €</b>
<b>Subcapítulo 6 Filtros</b>					
	Apartado 5.6.1. Filtro multimedia	9	ud	85,000.00 €	765,000.00 €
	Apartado 5.6.2. Filtro cartuchos	1	ud	195,000.00 €	195,000.00 €
	Apartado 5.6.3. Filtros limpieza	1	ud	64,000.00 €	64,000.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 6 Filtros</b>					<b>1,024,000.00 €</b>
<b>Subcapítulo 7 Equipos osmosis inversa</b>					
	Apartado 5.7.1. Membranas osmosis inversa	1442	ud	72.00 €	103,824.00 €
	Apartado 5.7.2. Tubos de presión	206	ud	1,165.00 €	239,990.00 €
	Apartado 5.7.3. Bastidores de osmosis	2	ud	120,000.00 €	240,000.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 7 Equipos osmosis inversa</b>					<b>1,378,580.35 €</b>
<b>Subcapítulo 8 Resto de equipos</b>					
	Apartado 5.8.1. Turbina Pelton	2	ud	340,568.00 €	681,136.00 €
	Apartado 5.8.2. Disolvedor CO2	2	ud	136,095.00 €	272,190.00 €
	Apartado 5.8.3. Lecho calcita	1	ud	78,956.00 €	78,956.00 €
	Apartado 5.8.4. Valvuleria				2,785,640.00 €
	Apartado 5.8.5. Agitador	1	ud	5,692.00 €	5,692.00 €
	Apartado 5.8.6. Tornillo compactación de lodos	1	ud	136,874.00 €	136,874.00 €
<b>TOTAL Subcapítulo 8 Resto de equipos</b>					<b>3,960,488.00 €</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 5 EQUIPOS</b>					<b>13,976,841.47 €</b>
<b>CAPÍTULO 6 TERRENOS</b>					
<b>Subcapítulo 1 Compra de terrenos</b>					
	Calculado empleando el precio medio del suelo en la provincia de Castellón (2022)	221.131	m2	110.3 €	24,390.75 €
<b>TOTAL CAPÍTULO 6 TERRENOS</b>					<b>24,390.75 €</b>

## 2. Resumen presupuesto de ejecución material por capítulos

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	OBRA CIVIL	15,433,392.04 €	40.70%
02	INSTALACIONES AUXILIARES	6,482,516.31 €	17.09%
03	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	1,607,743.00 €	4.24%
04	SEGURIDAD Y SALUD	395,680.00 €	1.04%
05	EQUIPOS	13,976,841.47 €	36.86%
06	TERRENOS	24,390.75 €	0.06%
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL = PEM</b>		<b>37,920,563.57 €</b>	<b>100.00%</b>

*Tabla 1: Resumen presupuesto de ejecución material por capítulos*

## 3. Resumen presupuesto contrata

CONCEPTO	ABREVIACIÓN	IMPORTE
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>PEM</b>	<b>37,920,563.57 €</b>
GASTOS GENERALES	GG = 9% PEM	3,412,850.72 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	BI = 6% PEM	2,275,233.81 €
INGENIERÍA	IG = 4% PEM	1,516,822.54 €
TRAMITACIÓN	T = 1% PEM	379.205,64 €
<b>PRESUPUESTO DE CONTRATA SIN IVA</b>	<b>PC</b>	<b>45.504.676,28 €</b>
IVA 21%	IVA	9.555.982,02 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA CON IVA INCLUIDO</b>		<b>55.060.658,30 €</b>

*Tabla 2: Resumen presupuesto contrata*

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>4</b>
1.1. Condiciones generales .....	4
1.1.1. Objeto.....	4
1.1.2. Documentos .....	4
1.1.3. Emplazamiento.....	4
1.1.4. Definición y alcance de las obras .....	4
1.1.5. Condiciones facultativas.....	4
1.2. Descripción del proceso de licitación.....	5
1.2.1. Calendario del proceso de licitación .....	5
1.2.2. Interlocutores.....	5
1.2.3. Confirmación de participación .....	5
1.2.4. Formulación de preguntas, consultas y aclaraciones necesarias.....	6
1.2.5. Presentación de las propuestas .....	6
1.2.6. Validez de las propuestas.....	6
1.2.7. Ámbito geográfico .....	6
1.2.8. Requisitos de las propuestas.....	7
1.2.9. Metodología para adjudicación.....	7
1.2.10. Plazos.....	7
1.3. Delimitación de funciones de agentes que intervienen.....	8
1.3.1. Proyectista:.....	8
1.3.2. Director de obra. ....	8
1.3.3. Constructor.....	9
1.4. Obligaciones y derechos que tiene contratista y constructor .....	9
1.4.1. Verificación de los documentos incluidos en el proyecto.....	9
1.4.2. Plan de Seguridad y Salud .....	10
1.4.3. Proyecto de control de calidad. ....	10
1.4.4. Oficina de obra .....	10
1.4.5. Representación del contratista. ....	10
1.4.6. Faltas del personal .....	11
1.4.7. Subcontratas .....	11
1.5. Prescripciones relativas a los trabajos materiales y a los medios auxiliares. ....	12
1.5.1. Camino y accesos .....	12
1.5.2. Replanteo .....	12
1.5.3. Inicio y ritmo de ejecución de la obra. ....	12
1.5.4. Orden de trabajos que componen la obra .....	12
1.5.5. Prorroga de la duración de los trabajos por causa de fuerza mayor .....	12
1.5.6. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	12
1.5.7. Trabajos defectuosos .....	13
1.5.8. Materiales y aparatos defectuosos .....	13
1.5.9. Gastos ocasionados por pruebas u ensayos .....	13
1.6. Documentación final .....	13
1.7. Libro de órdenes .....	14
1.8. Libro de incidencias.....	14

1.9.	Señalización de la obra e instalaciones .....	14
1.10.	Condiciones económicas .....	14
1.11.	Confidencialidad, protección de la información y seguridad informática .....	15
1.12.	Jurisdicción y Legislación aplicable .....	16
<b>2.</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....</b>	<b>17</b>
2.1.	Introducción .....	17
2.2.	Calidades de los equipos .....	17
2.3.	Servicios necesarios para la ejecución del pedido .....	17
2.4.	Régimen de empresario independiente, cumplimiento de normativa y autorizaciones 17	
2.5.	Seguridad del proceso y disponibilidad de la instalación .....	18
2.6.	Garantía de instalaciones y equipos .....	18
2.7.	Calidad durante la ejecución de los trabajos .....	19
2.8.	Ampliación / reducción de las prestaciones .....	19
2.9.	. Aceptación de la instalación una vez terminada la instalación.....	19
2.10.	Propiedad intelectual .....	20
2.11.	Titularidad sobre los Resultados, Creaciones y Desarrollos.....	20
2.12.	Elementos Constructivos.....	21
2.12.1.	Movimiento de tierras.....	21
2.12.2.	Obras de saneamiento .....	22
2.12.3.	Cimentaciones.....	22
2.12.4.	Elementos prefabricados .....	22
2.12.5.	Materiales para hormigones y morteros cemento .....	23
2.12.6.	Hormigón.....	23
2.12.7.	Armadura.....	23
2.12.8.	Estructura .....	23
2.12.9.	Albañilería .....	24
2.12.10.	Aislamientos térmicos.....	24
2.12.11.	Instalaciones eléctricas .....	24
2.12.12.	Maquinaria y herramientas.....	24

# 1. PLIEGO DE CONDICIONES CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

## 1.1. Condiciones generales

### 1.1.1. Objeto

El presente documento constituye un conjunto de cláusulas y condiciones que regirán el desarrollo de las obras a realizar, los materiales a emplear y los medios auxiliares contemplados en el presente proyecto, basado en el “Proyecto de una planta desaladora”. Dicho documento del proyecto aúna las exigencias tanto de índole técnica como legal, a las que se debe ceñir el adjudicatario durante el desarrollo y la ejecución del proyecto.

### 1.1.2. Documentos

El contrato contará con una serie de documentos para la realización de las obras, estos son: condiciones que se establecen en el propio documento del contrato de la empresa; pliego de condiciones incluyendo las cláusulas administrativas y las condiciones técnicas particulares. Los demás documentos que forman el proyecto: la memoria descriptiva, anexos, presupuestos y planos.

### 1.1.3. Emplazamiento

La instalación de la nueva planta, se realizará en un recinto a nivel del mar, adyacente a la costa de forma que la energía requerida para la extracción del agua resulte la mínima.

### 1.1.4. Definición y alcance de las obras

La ubicación e instalaciones requeridas se muestran en la memoria del proyecto, además se incluirán todos los elementos que forman parte del conjunto tanto de obra civil, como de instalaciones, es decir, el conjunto de elementos para llevar a cabo el proyecto de forma correcta.

### 1.1.5. Condiciones facultativas

Los costes de la ejecución serán los establecidos en la oferta definitiva aprobada por la el titular, para el proyecto, por lo que, cualquier modificación trascendental, que el contratista considere que no se engloba en el contrato debe ser indicada por este, e incluida en la oferta, junto con el presupuesto, el cual tiene que ser aprobado por la Dirección Facultativa, y promotor antes de iniciar la ejecución del mismo.

## 1.2. Descripción del proceso de licitación

### 1.2.1. Calendario del proceso de licitación

El proceso de licitación comienza con la publicación y entrega de este pliego de condiciones a los proveedores participantes y culmina con la recepción de las respuestas.

Una vez finalizado el proceso de licitación comenzará el proceso de valoración de ofertas.

El acto de adjudicación se formalizará mediante una notificación por escrito o correo electrónico dirigido al proveedor/s seleccionado/s, quedando éste/os desde ese momento obligado(s) por su parte al cumplimiento de las obligaciones contraídas en su oferta.

### 1.2.2. Interlocutores

El proveedor, durante el proceso de licitación, deberá limitar su contacto a la comunicación escrita por medio de los siguientes interlocutores designados por el titular de la instalación:

Interlocutor para temas comerciales o administrativos:

Nombre y Apellido

Dirección de correo electrónico

Interlocutores para temas técnicos:

Nombre y Apellido

Área

Tf. / Correo electrónico

Nombre y Apellido

Área

Tf. / Correo electrónico

El proveedor debe designar una única persona de contacto para todos los propósitos de comunicación con el titular de la instalación.

### 1.2.3. Confirmación de participación

El proveedor deberá confirmar su participación en el proceso a través de la plataforma que el titular de la instalación indique. Dicha confirmación deberá ser notificada dentro del plazo máximo recogido en el calendario del proceso de licitación.

#### **1.2.4. Formulación de preguntas, consultas y aclaraciones necesarias**

Las preguntas y consultas, así como aclaraciones deberán enviarse por escrito al contacto designado.

El plazo límite para su envío es el indicado en el calendario.

El titular de la instalación responderá a todas las preguntas, enviando posteriormente un comunicado por e-mail a todos los proveedores con todas respuestas.

#### **1.2.5. Presentación de las propuestas**

La información contenida en la propuesta del proveedor debe ser precisa y verdadera. Se deberá prestar especial atención a la terminología utilizada en todas las especificaciones técnicas. De otra manera, la propuesta será descalificada para el propósito de este concurso.

Las propuestas técnicas se deberán enviar por mail en PDF. La presentación de una oferta por parte del proveedor implica la aceptación de las condiciones descritas en el presente pliego y anexos.

No obstante, la presentación de la oferta no constituye una oferta de contrato, ni puede ser considerado como tal. Una vez realizada la adjudicación, la aceptación definitiva de la propuesta presentada quedará sujeta a la formalización del contrato. El titular de la instalación se reservan la posibilidad de adjudicar los servicios total o parcialmente a uno o varios proveedores.

La fecha límite para la recepción de ofertas e información adicional son las indicadas en el calendario, no admitiéndose las recibidas con posterioridad a la misma.

La documentación de la oferta se deba entregar por duplicado y será proporcionada gratis por el ofertante. Se entregará también en soporte informático aceptado por el titular de la instalación, por ejemplo una memoria USB 3.0 de velocidad mínima de transmisión de 3Gbps.

#### **1.2.6. Validez de las propuestas**

Las ofertas presentadas tendrán validez mínima de 12 meses desde la fecha de presentación.

#### **1.2.7. Ámbito geográfico**

El ámbito de aplicación del presente pliego hace referencia a la provincia de Castellón, Comunidad Valenciana, España.



## 1.2.8. Requisitos de las propuestas

Todas las ofertas deberán ir acompañadas de:

- Propuesta técnica.
- Oferta económica.
- Presentación de la Empresa.
- Acreditación de experiencia en la prestación de trabajos similares.

## 1.2.9. Metodología para adjudicación

El titular de la instalación realizará la selección de un proveedor, dando especial importancia a:

- Criterios de calidad, medios/sistemas de control de calidad de servicio etc.
- Criterios económicos de acuerdo a las ofertas presentadas
- Criterios de solvencia técnica y operativa, mediante la acreditación de experiencias de similares características a los del objeto del contrato, por parte de la empresa ofertante. En concreto se valorará su participación en la construcción de instalaciones similares actualmente en funcionamiento.
- Solvencia económica y financiera.
- Relaciones previas con la Administración.
- Certificaciones de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente.

## 1.2.10. Plazos

90 días después de la adjudicación del pedido, el proveedor debe presentar una planificación detallada para la ejecución del proyecto que debe cubrir los siguientes puntos:

- Fechas de construcción y de envío de elementos parciales.
- Planos de construcción y de montaje, con las medidas de infraestructura.
- Como parte íntegra de la construcción y puesta en marcha, se incluirá la Formación e instrucción del personal de mantenimiento (áreas de mecánica, parte eléctrica, sistemas de control), necesarias para el manejo y control de las instalaciones.
- Plan de Apoyo técnico tras la puesta en marcha de la instalación.

La dirección de obra tiene el derecho de aplazar plazos individuales durante el periodo de ejecución. Dicho aplazamiento no afectará al plazo de ejecución final.

Una condición imprescindible para el comienzo de ejecución de los trabajos es la comprobación y autorización de los planos y dibujos por parte del titular de la instalación pudiendo ser ésta representada por los ingenieros especializados o asesores técnicos que designe.

TAREAS	PLAZOS
1. Presentación de planos de emplazamiento y de fundamentos en firme para las instalaciones	12 semanas después de la adjudicación
2. Presentación de los planos definitivos, así como de los esquemas eléctricos	24 semanas después de la adjudicación
3. Comienzo del montaje	24 semanas después de la adjudicación
4. Final del montaje	3 años después de la adjudicación
5. Entrega de la instalación	3,5 años después de la adjudicación

### 1.3. Delimitación de funciones de agentes que intervienen

#### 1.3.1. Projectista

**Obligación:**

- Título académico y profesional que lo habilite para los trabajos, arquitecto, o arquitecto técnico, dependiendo del trabajo, cumpliendo las obligaciones que se exigen.
- Elaborar el proyecto siguiendo las pautas y exigencias de la normativa en vigor, conforme a lo recogido en contrato y entregarlo.
- Asistir a las obras, tantas veces como sea preciso, con el fin de resolver las contingencias que puedan producirse en la misma y dar instrucciones necesarias para realizar lo proyectado de forma correcta.

#### 1.3.2. Director de obra

**Obligación:**

- Título académico y profesional que lo habilite para los trabajos, arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico según la normativa vigente, cumpliendo las obligaciones que se exigen. Si se tratase de una persona jurídica, esta debe designar al técnico director de obra en posesión de la titulación que lo habilite para los trabajos.
- Verificar aspectos tales como: replanteo y ejecución idónea de la cimentación proyectada, al terreno y sus características geotécnicas.
- Dirección de obra coordinándola según proyecto de ejecución, aparte de estar presente en ella a fin de resolver las dudas o problemas que se den.
- Estudiar los posibles contratiempos o incidencias que imposibiliten el normal cumplimiento del Contrato, proponiéndolo y tramitando posibles soluciones.
- Elaborar posibles modificaciones exigidas por el desarrollo de la obra, todo ello cumpliendo con la normativa vigente.

- Incorporar instrucciones en libro de órdenes o asistencias si fuese necesario.
- Sugerencias sobre actuaciones a realizar para obtener los permisos y autorizaciones de las administraciones competentes, necesarias para la ejecución del proyecto.
- Firma de acta de comienzo de obra y expedir certificado final de obra.
- Debe verificar el haber recibido los materiales para la obra, con las órdenes de ejecución de ensayos y precisas pruebas.

### 1.3.3. Constructor

#### **Obligaciones y derechos:**

- Poseer la titulación o capacitación profesional que acredita que puede actuar como tal.
- Ejecutar las obras basándose en la aplicación de la legislación y siguiendo lo ordenado por el director de obra, cumpliendo así con las exigencias del proyecto.
- Indicar quien ocupará el cargo de jefe de obra encargado de asumir la representación técnica del constructor en la obra.
- Atribuir los medios materiales y humanos correspondientes para llevar a cabo el proyecto.
- Organización de los trabajos, con la redacción del plan de obra (todos aquellos que sean necesarios), y autorizar o proyectar en la obra medios auxiliares e instalaciones provisionales. - Elaboración del Plan de Seguridad y Salud que requiera la obra indicando las medidas preventivas y velar por el cumplimiento de las mismas.
- La firma del acta de recepción o comienzo de obra y acta de replanteo.
- Dirección y orden de la ejecución material de la obra de acuerdo a proyecto aprobado, reglas de la buena construcción y normas técnicas. Respecto a este tema, posee la jefatura del personal interviniente en la obra y deberá coordinar los trabajos de los subcontratistas. - Custodiará tanto libro de órdenes y seguimiento de obra así como los libros de seguridad y salud, control de calidad y dar el enterado a aquellas nuevas anotaciones.
- Con la figura del promotor deberá de suscribir las actas de recepción provisionales y el acta definitiva además de dar al director de obra los datos que precise para realizar los distintos documentos de la ejecución de obra.

## 1.4. Obligaciones y derechos que tiene contratista y constructor

### 1.4.1. Verificación de los documentos incluidos en el proyecto

En el momento que el constructor notifique por escrito que la documentación es suficiente para la ejecución de la obra, determina el inicio de la obra, sino solicitará la documentación escrita para llevarla a cabo.

### 1.4.2. Plan de Seguridad y Salud

Con la documentación del proyecto de ejecución de la obra y si es necesario el estudio de seguridad y salud, el constructor elaborará y presentará el plan de seguridad y salud de la obra al arquitecto técnico o aparejador nombrado como dirección facultativa para la aprobación del mismo.

La dirección designará al personal encargado, en caso de accidente, de llevar a cabo las medidas necesarias, garantizando unos primeros auxilios y que sea evacuado el accidentado. Además, toda obra debe contener un botiquín de primeros auxilios, al acceso de todos los trabajadores y con el material correcto.

En caso de accidente, se actuará acorde a lo establecido hasta que llegue la asistencia médica, sin mover al herido no ser que sea imprescindible. Comprobando los signos vitales y cubriéndolo, manteniendo la temperatura del herido. Bajo ningún concepto se dará agua u otras bebidas, así como medicamentos al accidentado.

El director de obra dará aviso del accidente por escrito a la autoridad laboral según el procedimiento en regla.

### 1.4.3. Proyecto de control de calidad

-En caso de considerarse necesario el constructor debe poseer el proyecto de control de calidad, donde se especifiquen las características que deben tener las unidades de obra, los materiales y cómo poder adquirirlos, tales como, ensayos, análisis a cumplir, que están o no avalados por sellos, calidades o marcas... todo ello definido por arquitecto o aparejador.

### 1.4.4. Oficina de obra

- En toda obra se habilitará una oficina para albergar un lugar como un tablero o mesado donde consultar planos. Además, en esta el contratista dispondrá de:
- Documento formado por proyecto básico y de ejecución íntegros, así como modificados realizados por el arquitecto.
- Licencia de las obras.
- Libro de órdenes y asistencias
- Plan de Seguridad y Salud y libro de incidencias.
- Proyecto de control de calidad y libro de registro del mismo.
- Reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- Documentación de los seguros del constructor.

### 1.4.5. Representación del contratista

- Está el constructor en obligación de informar del operario designado como su delegado en obra, siendo éste el jefe de obra, con dedicación plena y autoridad para representarle y tomar decisiones que atañen a la empresa contratada. Si la obra lo requiere, esta figura

deberá poseer un grado superior o medio. Indicando en el P.C. particulares personal obligado a mantenerse en la obra, así como el tiempo que sean necesarios sus servicios como tal.

- El Proyectista tendrá autoridad suficiente para parar la obra, por cualificación insuficiente por parte del personal según las tareas que desempeñen. Obligación presencial Constructor en obra.
- El jefe de la obra debe personarse en las jornadas legales de trabajo, él mismo o a través de encargados o técnicos, para acompañar a director de obra o proyectista cuando visiten la obra, estando a disposición cuando le requieran y aportándoles la documentación que soliciten.

Interpretaciones y modificaciones del proyecto tanto el proyectista como el director deben facilitar al contratista toda aclaración que este último precise para llevar a cabo de forma correcta la ejecución de lo proyectado.

Se deberá comunicar por escrito aquellas interpretaciones, aclaraciones, indicaciones o modificaciones de planos, órdenes e instrucciones. Reclamación en contra de una orden de la dirección El contratista solo podrá presentar reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa ante los propietarios, a través del proyectista, siempre que éstas sean de carácter económico.

#### **1.4.6. Faltas del personal**

El proyectista tiene potestad para requerir al contratista de la usencia en las obras de aquellos operarios que considere que desobedecen sus instrucciones o que manifiestan incompetencia repercutiendo negativamente en las marcha de los trabajos.

#### **1.4.7. Subcontratas**

El contratista tiene potestad para contratar ciertas unidades u obra o capítulos a otras empresas, (contratistas) e industriales, manteniendo todas sus obligaciones como el contratista general de la obra.

## **1.5. Prescripciones relativas a los trabajos materiales y a los medios auxiliares.**

### **1.5.1. Camino y accesos**

El cerramiento o vallado de la obra, así como los accesos a la misma, serán realizados por el constructor, y se encargará de su mantenimiento en toda la duración de la obra. El proyectista puede pedir y obligar a su modificación.

### **1.5.2. Replanteo**

El replanteo de las obras en el terreno será tarea del contratista, que deberá señalar referencias que se mantendrán como base para posteriores replanteos, el director de la obra aprobará este trabajo

### **1.5.3. Inicio y ritmo de ejecución de la obra**

El constructor, en función de los plazos marcados y recogidos en el pliego de condiciones, marcará el inicio de la obra. Además, el contratista deberá dar aviso al proyectista del inicio de la obra, tres días antes de los mismos como mínimo.

### **1.5.4. Orden de trabajos que componen la obra**

La contrata determinará la secuencia ordenada de los trabajos, dando indicaciones necesarias a los demás contratistas que intervengan.

### **1.5.5. Prorroga de la duración de los trabajos por causa de fuerza mayor**

Si el plazo de las obras, por causas de fuerza mayor, tuviese que sufrir variaciones, podrá concederse una prórroga para cumplir el tiempo acordado por la contrata. Para ello deberá existir un informe favorable previo por parte del proyectista.

### **1.5.6. Condiciones generales de ejecución de los trabajos**

El desarrollo de la obra deberá ceñirse a lo estipulado en proyecto, a las modificaciones aprobadas y a las órdenes de dirección facultativa, menos de aquellas solicitudes mediante escrito no estuviesen notificadas.

### 1.5.7. Trabajos defectuosos

El Constructor empleará materiales adecuados para las exigencias en las condiciones generales y particulares de carácter técnico del pliego de condiciones y llevará a cabo los trabajos contratados según lo especificado en el citado documento.

Será el responsable de ejecutar los trabajos que contrató, de las faltas y posibles defectos que puedan existir, debido a una defectuosa ejecución, una deficiencia en la calidad de materiales, sin que le exonere de la responsabilidad el control que es competencia del director de obra.

El Director podrá mandar que una parte con defectos sea demolida y vuelta a construir, según lo contratado y a expensas de la contrata, si observa defectos en los trabajos o en caso de que los materiales no cumplen las exigencias.

### 1.5.8. Materiales y aparatos defectuosos

Aquellos materiales que no fuesen de la calidad prescrita en el presente pliego, que no tuviesen la preparación que en él exige o que no contuviesen todas las prescripciones formales, el proyectista, dará la orden al constructor de cambiarlos por otros que satisfagan las condiciones o alcancen el objetivo para el que serán destinadas.

### 1.5.9. Gastos ocasionados por pruebas o ensayos

La contrata tiene la obligación de tener limpio el lugar de trabajo y su alrededor, tanto de elementos sobrantes como de escombros, gestionando la retirada de instalaciones provisionales que no se necesiten, y también tomar medidas y llevar a cabo los trabajos que necesarios para que la obra tenga un buen aspecto.

## 1.6. Documentación final

El proyectista, ayudado por el contratista y técnicos, realizarán la documentación final de la obra, que se entregará a los propietarios.

La documentación será: Documentación de seguimiento de obra:

- Libro de Órdenes y asistencias.
- Libro de Incidencias (Seguridad y Salud)
- Documentos del Proyecto completo con anexos y modificados autorizados.
- Licencia de Obras, y documentación de apertura del centro de trabajo.
- Documentación de control de obra:
- Documentación de control
- Documentación, instrucciones de mantenimiento y de uso, así como garantías de suministros y materiales.
- Certificado final de obra

## 1.7. Libro de órdenes

En toda la obra debe existir el libro de órdenes, debidamente cumplimentado, el cual se iniciará en fecha indicada de comprobar replanteo y se acabará en la de fecha de la recepción final. En este período, el libro estará en la zona de la oficina de obra a disposición de la dirección, en él se debe dejar constancia de órdenes, comunicaciones oportunas, instrucciones, autorizándolas mediante firma.

Una vez efectuada la recepción definitiva, éste pasará a manos del director quien deberá dejar que sea consultado por el contratista cuando lo precise. El Contratista, a su vez, está obligado a proporcionar lo necesario para que la dirección tenga todos los datos precisos para que el libro de órdenes esté correcto.

## 1.8. Libro de incidencias

Será necesario registrar aquellas incidencias e irregularidades en un libro de incidencias, debidamente diligenciado. Además en él se deben anotar aquellos aspectos que puedan alterar la ejecución de las obras tales como: condiciones de la atmósfera y las temperaturas ambientes, máxima y mínima; los trabajos llevados a cabo, resultados tras la ejecución de los ensayos; aquellos sucesos o aspectos que puedan alterar la ejecución de las obras.

## 1.9. Señalización de la obra e instalaciones

Ha de instalar el contratista, las señales que sean necesarias para indicar la circulación en el lugar de trabajos, el acceso a la zona de obra, y aquellos lugares que alberguen algún peligro, tanto en esta zona como en los alrededores. Este debe acatar las órdenes que la dirección comunique por escrito acerca de la instalación de señales complementarias o de modificar las ya existentes.

## 1.10. Condiciones económicas

Las pautas para las relaciones económicas para recibir la obra y abonarla se fijará en el pliego de condiciones y en el necesario contrato entre contratista y promotor.

Aquellos que intervengan en la ejecución de la obra tienen como derecho recibir de manera puntual las cantidades derivadas de su correcto trabajo, con arreglo al contrato establecido con anterioridad. Además, los propietarios, los contratistas y técnicos podrán exigir adecuadas garantías para el cumplimiento de las obligaciones acerca de los pagos. Las unidades de obra se abonarán y mediarán de acuerdo a lo que figura en las especificaciones: en superficie, longitud, peso, volumen o unidad. Además, los precios de las unidades de obra serán dados por la suma de costes indirectos, directos, beneficio industrial y gastos generales.



## 1.11. Confidencialidad, protección de la información y seguridad informática

El adjudicatario se compromete a guardar bajo la más estricta confidencialidad y preservar el carácter secreto sobre los términos del pliego, contrato y sobre la información confidencial a la que tenga acceso o le sea proporcionada en el marco de la ejecución de los servicios u obra contractuales y con carácter indefinido una vez finalizada la ejecución de los mismos. En particular, pero no exclusivamente, el adjudicatario se compromete a lo siguiente: (a) no divulgar o comunicar a terceros el objeto o contenido de la misma, ni siquiera de forma fragmentaria o parcial, y a impedir que terceros no autorizados tengan acceso a ella; (b) guardar dicha información, así como cualquier documentación relativa a la misma, en lugar seguro al que sólo las personas autorizadas tengan acceso; (c) utilizar dicha información única y exclusivamente, al objeto perseguido por el contrato; y (d) poner inmediatamente a disposición del titular de la instalación, en caso de resolución del contrato y a su solicitud, toda la información confidencial que obre en su poder, sin guardar copias, resúmenes, extractos o muestras de éstas.

Asimismo, el adjudicatario deberá asegurar la implementación de medidas técnicas y/o funcionales adecuadas para garantizar la protección de la información confidencial y, en general, el cumplimiento del contrato. En este sentido y sin perjuicio de otras obligaciones que resulten aplicables dada la naturaleza específica de los servicios contractuales, el adjudicatario cumplirá con la política de protección de la información y seguridad informática del titular de la instalación, que deberá aceptar y devolver firmada antes de comenzar a prestar sus servicios contractuales. El titular de la instalación podrá actualizar los requisitos de su política de protección de la información y seguridad informática con regularidad, siendo el adjudicatario responsable de informarse al respecto e implementar los cambios. Además, en caso de que se le solicite, el adjudicatario deberá aportar pruebas de cumplir con los requisitos previamente mencionados.

En materia de seguridad informática y/o ciberseguridad, el adjudicatario se compromete además a cumplir con lo siguiente: (i) la legislación según la naturaleza específica de los servicios contractuales (en particular, pero no exclusivamente, con Real Decreto-ley 12/2018, de 7 de septiembre, de seguridad de las redes y sistemas de información, que transpone la Directiva UE 2016/1148, de 6 de julio de 2016, relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y sistemas de información en la unión); (ii) los estándares, códigos de conducta, y/o ISOs de seguridad informática habituales del sector; (iii) emplear programas de ordenador anti-virus o que permitan detectar la presencia y/o erradicar cualesquiera virus, malware, gusanos informáticos, troyanos o similares con carácter previo al inicio y durante la prestación de los servicios contractuales; (iv) emplear las últimas tecnologías para proteger adecuadamente los sistemas del Titular de la Instalación contra un acceso no autorizado por parte de terceros (como “hackers”) y transmisiones de datos no deseadas (como “spam”) y especialmente aquellas incluidas en la política de protección de la información y seguridad informática; (v) seguir las guidelines en materia de ciberseguridad que serán proporcionadas al adjudicatario por el titular de la instalación.

El adjudicatario deberá informar al titular de la instalación, inmediatamente sobre: (i) cualquier riesgo o peligro para los datos, la información y/o la seguridad del sistema; (ii) cualquier incumplimiento o violación del acuerdo de confidencialidad o la política de protección de la información y seguridad informática; y (iii) cualquier otra circunstancia que suponga una amenaza o acceso no autorizado a la información confidencial que obre en su poder, debiendo en todos los casos adoptar inmediatamente las medidas adecuadas para su subsanación, todo ello sin que limite o interrumpa la prestación de los servicios contractuales. El adjudicatario asumirá todos los gastos y tras coordinarse con el titular de la instalación, adoptará las contramedidas necesarias sin interferir ni limitar la prestación de los servicios contractuales.

En caso de que el adjudicatario necesite acceder a la infraestructura de la instalación para prestar los servicios contractuales, dicho acceso deberá ser previamente autorizado por escrito y sólo podrán usar la infraestructura de la instalación de conformidad con las directrices de seguridad y la política de protección de la información y seguridad informática del titular de la instalación. Cualquier gasto derivado de ese uso será asumido por el adjudicatario.

## **1.12. Jurisdicción y Legislación aplicable**

Para la solución de cualquier cuestión litigiosa que pueda derivarse del presente contrato las partes, con renuncia al fuero aplicable, se someten a la jurisdicción de los jueces y tribunales de Castellón, y de conformidad con la legislación española.

## 2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

El siguiente documento recoge las características que deben tener aquellos materiales usados en construcción, y las técnicas de colocación de los mismos en las obras y los que deben dirigir al realizar todo tipo de instalación y de otras obras que dependan de la obra.

### 2.1. Introducción

El objeto del concurso es la construcción y puesta en marcha de una planta desaladora, en el que se deberán cumplir todas las normas, leyes, especificaciones y ordenes aplicables, tanto locales, provinciales, nacionales e internacionales.

Se realizará la construcción y puesta en marcha de la planta desaladora cumpliendo las especificaciones técnicas incluidas en la memoria de la misma.

Las especificaciones técnicas incluidas en la memoria del proyecto, se consideran también parte del contrato.

La planta desalinizadora se va a situar en la provincia de Castellón, concretamente en el municipio de Vinaroz al norte de la provincia.

El diseño de la planta debe cumplir con los requisitos descritos en el punto 9 de la memoria.

### 2.2. Calidades de los equipos

Formarán parte del volumen de suministro, los equipos (Bombas, Cartuchos, Filtros, etc) de fabricante y tipo concreto, que han sido seleccionados, y se indican en la memoria descriptiva. Éstos, no podrán ser sustituidos por otros, de distinto fabricante ni tipo, salvo que el titular de la instalación lo autorice expresamente por escrito al adjudicatario.

### 2.3. Servicios necesarios para la ejecución del pedido

Todos los medios, materiales, humanos o de suministro de energía necesarios para la ejecución de la obra, pruebas y controles, serán gestionados, y a cargo del proveedor, y de su exclusiva responsabilidad.

### 2.4. Régimen de empresario independiente, cumplimiento de normativa y autorizaciones

En sus relaciones comerciales con el titular de la instalación, el proveedor estará obligado al cumplimiento de todas las disposiciones legales y normativa, en vigor durante la ejecución del servicio contratado, así como las disposiciones presentes y futuras que estén vigentes en materia fiscal, laboral, de seguridad social, de seguridad y salud, de prevención de riesgos laborales y de medio ambiente.

El proveedor dispondrá de las cesiones, licencias, autorizaciones y derechos de cualquier índole necesarios para llevar a cabo el objeto del posible contrato, corriendo por su exclusiva cuenta el pago de los derechos por tales conceptos.

Lo recogido en este punto se entiende parte del volumen de suministro.

## 2.5. Seguridad del proceso y disponibilidad de la instalación

Se considerará como parte de suministro, las pruebas y subsanación de defectos, para conseguir la disponibilidad indicada:

- Tras la puesta en marcha de las instalaciones se debe cumplir y comprobar que la disponibilidad de funcionamiento normal de la instalación sea superior al 98% en instalaciones individuales, y del 95% en instalaciones enlazadas, durante un periodo 3 meses. Entendiéndose como disponibilidad el tiempo que funciona la instalación al 100%, sin averías, dando la producción estipulada en las especificaciones técnicas.
- Una condición imprescindible para la comprobación de la disponibilidad es una prueba de funcionamiento realizada con éxito en todos los puntos. Se debe garantizar una seguridad del proceso del 100%.
- Al comprobar la disponibilidad se debe comprobar también la seguridad del proceso, es decir, que en el periodo correspondiente no debe haber pérdidas de producción.
- Si no se alcanza la disponibilidad o seguridad del proceso exigida, la comprobación se suspende, y una vez subsanados los defectos, se repetirá.
- Durante la citada comprobación, sólo el personal (mantenimiento) indicado por el proveedor puede estar en la instalación. Dicho personal no debe permanecer en lugares críticos, sino que debe quedarse en la central de mando, a no ser que haga falta subsanar una avería.
- El personal antes mencionado será puesto a disposición por parte del proveedor. El Titular de la instalación asistirá a la comprobación y la supervisión, con la participación de ingenieros especializados y asesores, que designe.

## 2.6. Garantía de instalaciones y equipos

Por lo que respecta al alcance y al comienzo de la garantía y la subsanación de defectos (a no ser que se establezca otra cosa y se acepte por el cliente) la garantía comienza con las aceptaciones finales (no con las aceptaciones parciales) y se extiende por todo el plazo estipulado. Para las piezas reparadas o sustituidas, el plazo de garantía comienza nuevamente con la aceptación de dicha pieza.

La garantía mínima de la instalación y equipos será de 3 años.

## 2.7. Calidad durante la ejecución de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, éstos se podrán inspeccionar sin restricciones por parte del cliente, y si hiciera falta, con la participación de ingenieros especializados y asesores.

Las prestaciones que ya durante su ejecución se consideran deficientes o contrarias al contrato, tienen que ser sustituidas por prestaciones impecables por el proveedor dentro de un plazo predeterminado. Los gastos originados irán a cargo del proveedor. Si la subsanación de defectos origina retrasos u obstáculos en la ejecución de prestaciones posteriores, los daños ocasionados se deben compensar también.

## 2.8. Ampliación / reducción de las prestaciones

En caso de darse una ampliación o reducción de las prestaciones en comparación con las especificaciones técnicas, antes de procederse a su realización, dichas prestaciones se deben presentar junto con un cálculo de los costes ocasionados al titular de la instalación para su debida autorización. Una autorización por escrito es imprescindible para el reconocimiento del aumento / reducción de precios.

Las modificaciones del funcionamiento y del proceso que se pueden imputar al ofertante y que son necesarias para el funcionamiento correcto de la instalación tienen que efectuarse gratis por parte del ofertante.

## 2.9. Aceptación de la instalación una vez terminada la instalación

La instalación se considera aceptada cuando se haya aprobado un acta de aceptación por parte del proveedor y el encargado de los correspondientes departamentos facultativos del titular de la instalación o que ésta designe.

Al entregar la instalación terminada, antes de la rendición de cuentas a través del departamento indicado por el titular de la instalación, se ha de entregar por triplicado la siguiente documentación en carpetas tamaño DIN A4 con índice y registro, así como en soporte informático:

- Descripción de funcionamiento.
- Planos de ejecución.
- Instrucciones de servicio.
- Lista de recambios, donde se indicará la cantidad instalada, la denominación de la ubicación técnica, el nº de plano en la documentación donde se incluye cada recambio, así como las aclaraciones que se considere. Se entregará en el formato adjunto "Formato Lista de Repuestos Desaladora.xlsx"
- Instrucciones de mantenimiento.

- Protocolos de medición de rendimiento, protocolos de pruebas de presión, actas de aceptación.
- Programa de formación.
- Comprobante acerca del entrenamiento de los usuarios.
- Todos los certificados oficiales de prueba y aceptación requeridos.
- Esquema de funcionamiento
- Cálculos hidráulicos.

Además, se deben entregar en disquetes u otros soportes informáticos indicados por el cliente. La entrega de toda la documentación se considera parte del volumen de suministro.

## 2.10. Propiedad intelectual

El proveedor reconoce y respetará los derechos de propiedad intelectual y cualquier otro de naturaleza análoga del titular de la instalación.

Si los derechos de propiedad intelectual del titular de la instalación son utilizados para otros propósitos distintos a los encomendados para la construcción y puesta en marcha de las instalaciones, el titular de la instalación tendrá el derecho a reclamar la compensación por todos los daños y perjuicios ocasionados.

## 2.11. Titularidad sobre los Resultados, Creaciones y Desarrollos

Se entenderá como resultados cualquier resultado o invención que pueda ser protegido mediante patentes, modelos de utilidad, topografías de productos semiconductores, obtenciones vegetales, diseños industriales, marcas u otros signos distintivos, know-how, secretos industriales, comerciales o de otra naturaleza, o mediante cualquier otro derecho reconocido en la normativa vigente o futura en materia de propiedad intelectual.

Se entenderá como creaciones y desarrollos cualquier creación, diseño, obra, base de datos u otra prestación susceptible de ser protegida por derechos de propiedad intelectual, derechos afines, derechos sui generis u otros derechos de naturaleza análoga.

Corresponderá al titular de la instalación la titularidad exclusiva, sin límite geográfico ni temporal, de todos los derechos sobre cualesquiera resultados que el proveedor, o cualquier persona a la que el proveedor recurra para dar cumplimiento a su relación con el titular de la instalación, sea o no mediante vínculo laboral, haya inventado, desarrollado, descubierto, o en que haya participado de cualquier otra manera, como fruto de una actividad explícita o implícitamente constitutiva del objeto de la relación del proveedor con el titular de la instalación.

Asimismo, el proveedor cede en exclusiva y de forma irrevocable al titular de la instalación todos los derechos de explotación sobre cualesquiera creaciones y desarrollos, obtenido o desarrollado por el proveedor en el marco de la relación con el titular de la instalación o por

cualesquiera personas que participen en ella, ya sean empleados del proveedor o terceros contratados. La cesión prevista en esta cláusula se realiza por todo el plazo de duración de los derechos y para todo el mundo.

Mediante esta cesión se atribuyen al titular de la instalación la totalidad de los derechos de explotación (incluidos, sin carácter limitativo alguno, los derechos de reproducción, transformación, distribución y comunicación pública) sobre las creaciones y desarrollos, en todas sus modalidades de explotación y para todos los formatos, medios y soportes, en cualquier ámbito de actividad, sea o no el de la actividad habitual del titular de la instalación.

El titular de la instalación podrá ejercitar los derechos sobre los resultados y los derechos de explotación sobre las creaciones y desarrollos en la forma que estime conveniente, y podrá transmitirlos, cederlos o licenciarlos a terceros en los términos y condiciones que considere oportunos, sin que para ello sea necesario informar al proveedor ni obtener su consentimiento, con fines comerciales o sin ellos.

El proveedor deberá informar inmediatamente al titular de la instalación de cualesquiera resultados o creaciones y desarrollos obtenidos en el marco de la relación contractual con el titular de la instalación y colaborar lealmente con el titular de la instalación, facilitar cuanta documentación sea necesaria, así como cooperar en cualquier otra circunstancia o hecho que el titular de la instalación requiera, para que ésta pueda hacer efectivos los indicados derechos en toda su extensión.

Salvo por su uso en el marco de la ejecución del pedido, el proveedor no ostenta ningún derecho de propiedad intelectual ni ningún derecho sobre los bienes objeto del contrato.

La remuneración prevista en favor del proveedor incluye la atribución de derechos al titular de la instalación que se prevé en las condiciones anteriores, así como todas las obligaciones del proveedor que resultan de las mismas. El proveedor se declara íntegramente satisfecho y saldado por tales conceptos, y no tendrá derecho a reclamar compensación o remuneración alguna por los mismos, salvo que la legislación aplicable establezca lo contrario.

El proveedor deberá entregar al titular de la instalación durante o, como máximo, tras finalizar la entrega de bienes de equipo, según se acuerde, la documentación y otros soportes o elementos para garantizar la titularidad de los derechos del titular de la instalación sobre los bienes de equipo, resultados, creaciones y desarrollos.

## 2.12. Elementos Constructivos

### 2.12.1. Movimiento de tierras

Este apartado abarca aquellas tareas referentes a movimientos de tierras o rocas, que son necesarias para llevar a cabo los trabajos.

El movimiento de tierras se hará acorde a lo especificado en las dimensiones y especificaciones del proyecto de ejecución, basándose en las indicaciones de los planos.

El terreno necesario para la construcción debe ser limpiado retirando los escombros, desechos y la vegetación que pueda estar presente.

La totalidad de los materiales obtenidos de las excavaciones, menos la tierra vegetal, pueden ser utilizados para el relleno. Aquellos materiales que deban ser desechados en vertederos deben contar con la autorización previa.

Todos los fondos quedarán perfectamente nivelados limpios de tierras sueltas. Previamente al relleno, se deben realizar los ensayos y densidad del mismo y en función de éstos, la dirección de la obra puede no aceptar el material si considera que no cumple con las exigencias. Las obras se ejecutarán intentando producir las mínimas molestias a las zonas colindantes sobre todo si están habitadas.

### 2.12.2. Obras de saneamiento

El desarrollo de la red tendrá la mayor sencillez que sea posible, para conseguir así la conducción por gravedad. Debe ser una red estanca y no presentar exudaciones., las tuberías deben pertenecer a marcas reconocidas, materiales adecuados y cumpliendo las normativas.

Se incorporarán arquetas de registro con dimensión y materiales especificados cumpliendo siempre lo expuesto en el DB HS (Documento Básico de Salubridad).

El colector deberá cumplir con la norma UNE-EN-1401, “sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado son precisión” (PVC-U).

### 2.12.3. Cimentaciones

La profundidad de las excavaciones será la indicada en Proyecto. Las posibles corrientes de aguas subterráneas o pluviales que pudiesen producirse se desviarán o desviarán.

Previamente a verter el hormigón se añadirá una capa de hormigón de limpieza, para eliminar las irregularidades, debidamente nivelada. Además estas losas tendrán dimensiones recogidas en los planos, a no ser que el director de obra considere que deban ser modificadas para la mejora de la obra.

### 2.12.4. Elementos prefabricados

Aquellos elementos estructurales realizados en taller realizando únicamente el montaje en la obra, deberán seguir indicaciones del fabricante y la D.F. Teniendo mucho cuidado con anclajes y el aplomado de los distintos elementos, así como el sellado de las juntas, empleando los materiales indicados por la Dirección de Obra.



### 2.12.5. Materiales para hormigones y morteros cemento

Material de construcción entendido como un aglomerante hidráulico que corresponda a alguna definición de construcción RC-88 (pliego de prescripciones técnicas generales para la Recepción de Cementos).

Se cumplirán con las prescripciones y recomendaciones dentro de la EHE (Instrucción Española del Hormigón Estructural) Antes de su utilización, se comprobarán las características del cemento mediante ensayos.

En todo hormigonado se emplearán cemento de una categoría no inferior a la 250.

### 2.12.6. Hormigón

La ejecución y puesta en obra de los hormigones debe cumplir las preinscripciones generales de la EHE.

Las cantidades de hormigones deben ceñirse a las indicadas en el presupuesto y su docilidad debe ser la necesaria para que no queden coqueas en la masa.

Con el fin controlar la calidad de este, se sacarán probetas, durante la ejecución de la masa de hormigón que se esté empleando, para los ensayos de control de calidad.

En caso de que las cargas de rotura fuesen inferiores a las esperadas se podrán rechazar la parte de obra que corresponda.

El primer período, el endurecimiento, el hormigón se someterá a un proceso de curado en función del tipo de cemento utilizado y las condiciones meteorológicas, manteniéndose la humedad del mismo y evitando sobrecargas o vibraciones que puedan dañarlo.

### 2.12.7. Armadura

El conjunto de acero colocado dentro de la masa de hormigón aumentará la resistencia de este a esfuerzos. Se utilizarán barras de acero corrugado B 500 S, de diámetro 12 mm para paredes y 16 mm en soleras.

### 2.12.8. Estructura

La estructura independientemente del material cumplirá con todas las normas en vigor. Antes de proceder a los encofrados se replanteará la estructura según los planos del proyecto. Se comprobará que la nivelación y verticalidad de encofrados y estructuras sea la correcta. Posteriormente se regarán los encofrados de hormigón.

### **2.12.9. Albañilería**

Las obras de fábrica de ladrillo deben realizarse siguiendo las indicaciones marcadas en los planos y en la medición de forma adecuada. Los ladrillos a emplear, independientemente del tipo que sean, serán acordes a la normativa vigente, en referencia a dimensiones, resistencia y calidad.

Durante la ejecución de los cerramientos, debe hacerse especial atención al aplomado de paños, planitud y horizontalidad. Antes de su colocación se mojarán los ladrillos con agua. Se aplomarán lo tabiques convenientemente y sus hiladas irán bien alineadas.

### **2.12.10. Aislamientos térmicos**

Todos los materiales industriales deberán cumplir con las condiciones de funcionalidad y calidad recogidas en la normativa en vigor, siendo el contratista el encargado de tener el Certificado de Garantía que expide el fabricante.

### **2.12.11. Instalaciones eléctricas**

El proyecto y la instalación del cableado eléctrico deberán seguir las indicaciones del REBT (Reglamento electrotécnico de baja tensión) y el resto de disposiciones en vigor, que afecten a materiales y prototipos de construcción.

El director técnico tendrá que aprobar el replanteo del trazado que seguirán las conducciones, previamente al montaje, comprobándose la homologación y marcas de calidad de aquellos equipos que se vayan a utilizar y en caso de que la contrata considere que es necesario, para verificar su calidad, podrá exigir que se lleven a cabo análisis.

### **2.12.12. Maquinaria y herramientas**

Para el uso de maquinaria cumpliremos lo que se encuentra recogido en el reglamento de seguridad en las máquinas, expuesto en el Real Decreto 1498/86, haciendo especial hincapié en lo indicado en instrucciones de uso, instalación, puesta en servicio, inspecciones y revisiones y reglas generales de seguridad.

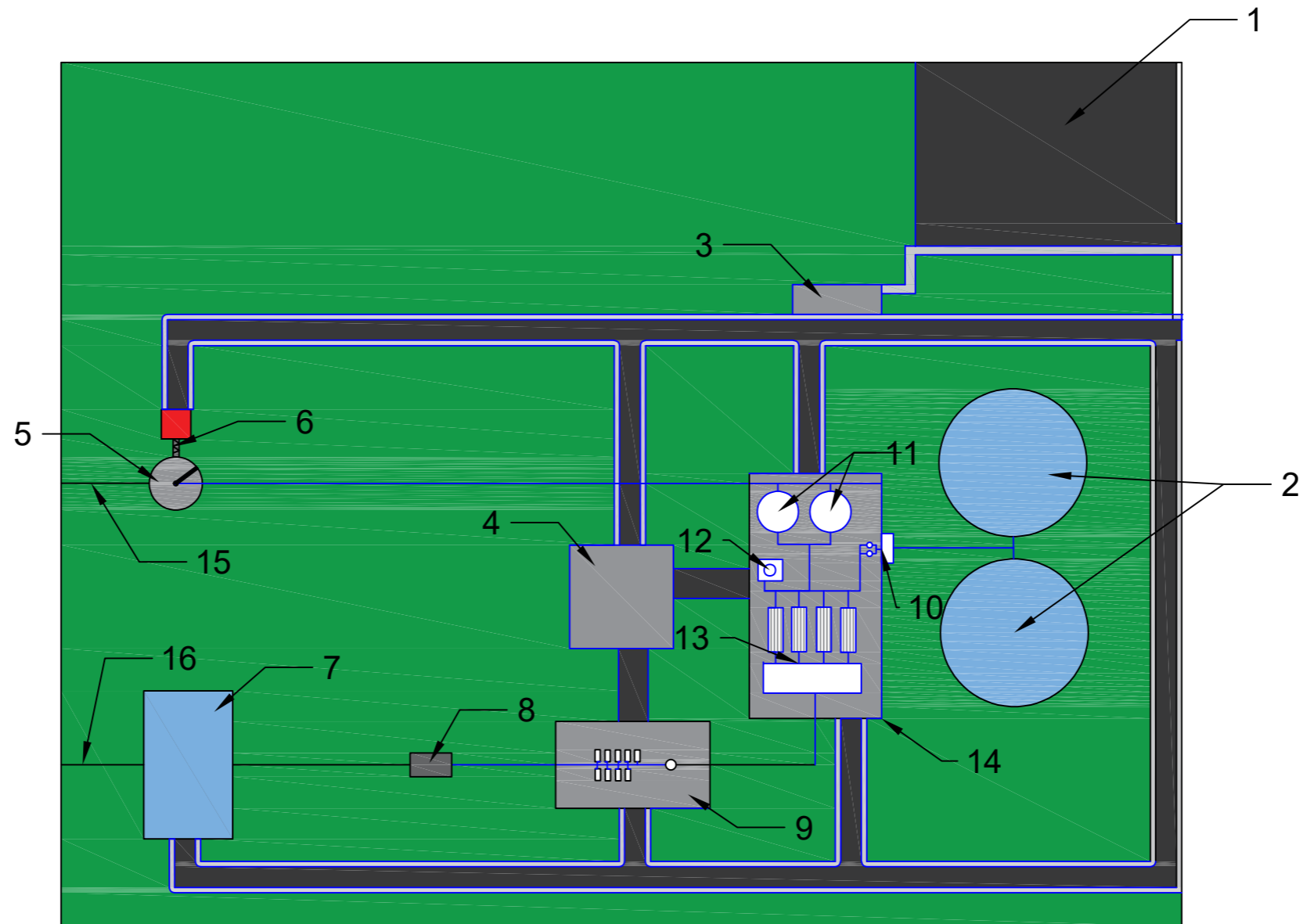
El encargado de obras se responsabilizará en velar para el correcto uso de los útiles, y exigirá a los operarios que cumplan con las especificaciones sobre el uso de cada herramienta.


# PLANOS

## ÍNDICE PLANOS

<b>1.</b>	<b>Plano descriptivo planta.....</b>	<b>3</b>
-----------	--------------------------------------	----------

1	Parking
2	Depósitos agua potable
3	Edificio de oficinas
4	Edificio de almacén y taller
5	Depósito de decantación
6	Tornillo compactador
7	Piscina de captación
8	Tanque DAF
9	Edificio pretratamiento
10	Etapa post tratamiento
11	Turbinas Pelton
12	Sistemas de limpieza
13	Bastidores osmosis y etapa bombeo alta presión
14	Edificio de osmosis y post tratamiento
15	Emisario submarino
16	Inmisario submarino



nº de plano: <b>P1</b>	Título: <b>PLANO DESCRIPTIVO PLANTA</b>	Fecha: 18/09/2023
Referencia: ANEXO III	Proyecto: Diseño de una planta desalinizadora por osmosis inversa en la provincia de Castellón	Escala: 1/2000
TRABAJO FINAL MÁSTER	Emplazamiento: Polígono 22 Parcela 1 Torre SU/ER Vinaros (Castellón)	Formato: A3
	Proyectista: <b>NEREA GUTIÉRREZ OSTA</b>	Firma: <i>Nerea Gutiérrez</i>