

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

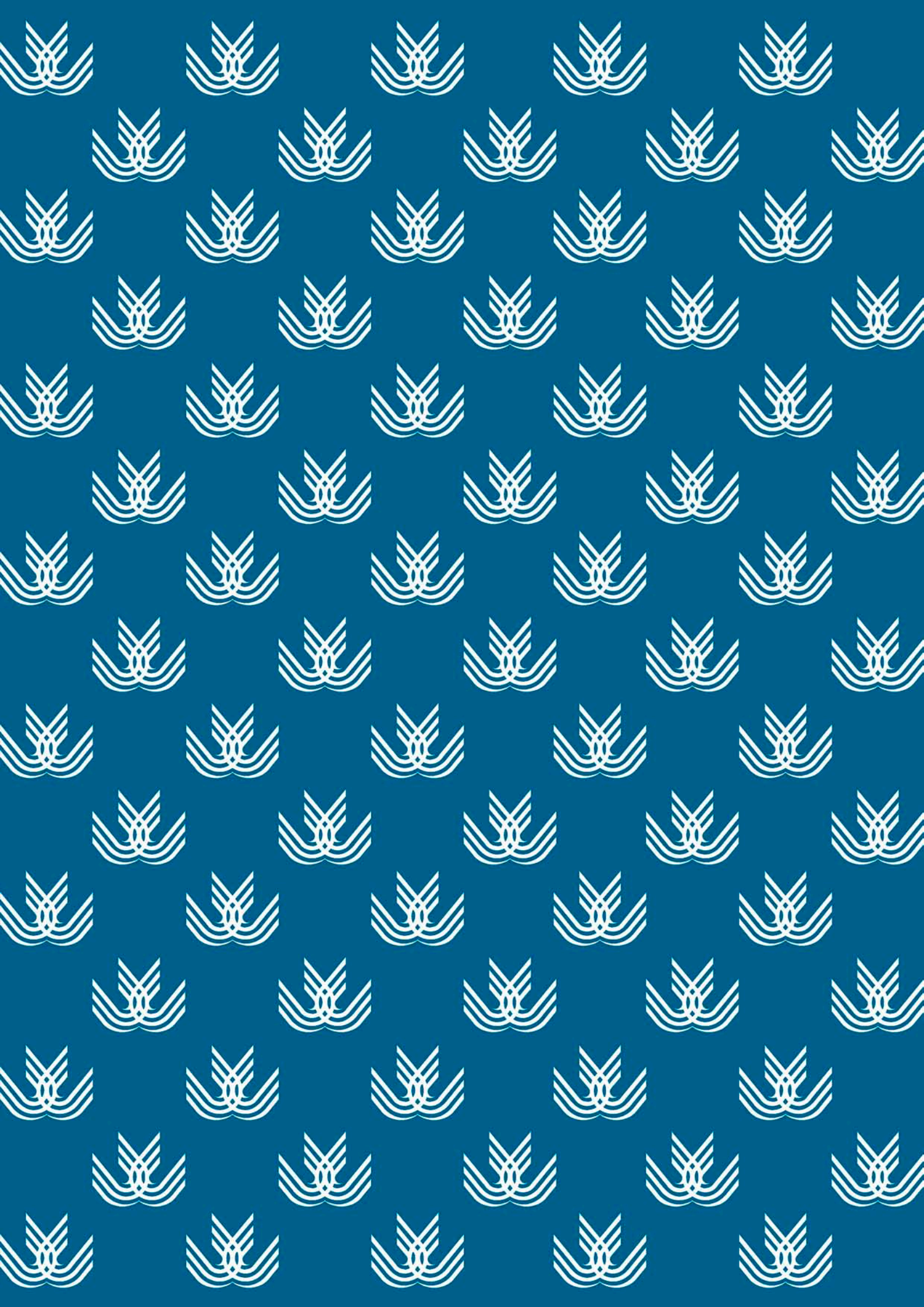
Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DE UNA PLANTA DESALADORA  
DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA

Autor: Joaquín Antonio BLESA GARCÍA

Fecha: Julio 2006





# RESUMEN

El objeto del proyecto es el diseño de una Planta Desaladora de agua de mar por ósmosis inversa mediante dos líneas con una conversión del 60,14%, para producir agua potable.

Dicha planta se situará en el término municipal de Roquetas de Mar y para un consumo medio de 250 litros diarios por habitante abastecerá a 60.135 habitantes.

La viabilidad de la desalación por ósmosis inversa esta demostrada, hay multitud de desaladoras de agua de mar funcionando.

Nuestra agua de mar será una mezcla de agua pura y de sales, concretamente 35.920,103 ppm de TDS. Otras características importantes para el diseño serán su temperatura de 18°C y su pH de 7,9. Su captación mediante 4 pozos aportará un caudal de 25.000 m<sup>3</sup>/día de agua bruta a la Planta.

Las bombas de captación serán cuatro y serán centrífugas con una potencia de 25,415 KW e impulsarán 6.250 m<sup>3</sup>/día cada una. Tendrán una capacidad mínima de 27,98 m. Estas conducirán el agua al depósito intermedio cuyo objetivo es evitar fluctuaciones de alimentación, se construirá de hormigón armado y con una capacidad de 2.100 m<sup>3</sup>.

El pretratamiento físico tiene el objetivo de eliminar sólidos, algas y materia orgánica de la alimentación, para evitar el deterioro o avería del sistema hidráulico y de las membranas.

La filtración grosera se realizará con filtros de malla autolimpiantes, con un flujo máximo de 2.500 gpm. Se instalará uno por línea.

La filtración de afino pretenderá que el agua de alimentación de membranas solo tenga partículas de tamaño menor a 5 micras, por tanto los

filtros de cartuchos, que serán de media plegada de poliéster plus, serán de cinco micrones, e irán en número de 200 en portafiltros específicos para dicho número.

Los pretratamientos químicos tienen como misión optimizar el funcionamiento de las membranas y segundo evitar su deterioro.

La desinfección responde al propósito de matar microorganismos indeseados en el agua. El método mas usado es la formación de ácido hipocloroso (OHC<sub>l</sub>), que es un biocida, con la adición del hipoclorito sódico.

La regulación del pH pretende conseguir el óptimo de funcionamiento de las membranas y se logrará añadiendo ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

La decloración se realizará agregando bisulfito sódico (SO<sub>3</sub>HNa) y su objetivo es retirar cloro (Cl<sub>2</sub>) presente en el agua, ya que las membranas son sensibles a él.

La coagulación se llevará a cabo mediante cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>), para facilitar la retención en los filtros de material coloidal.

Se usará como inhibidor el producto Genesys HR, de la empresa Genesys Internacional S.L. Inhibe todas las formas de incrustación permitiendo sistemas que operen a elevados porcentajes de recuperación.

La unidad de ósmosis inversa compuesta, poseerá dos líneas de proceso gemelas con una conversión del 60,14% para una producción total de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día y la generación de un caudal de rechazo igual a 9.966,02 m<sup>3</sup>/día. El proceso constará de las etapas. En cada línea habrá dos bastidores en la primera etapa por uno la segunda. Cada bastidor tendrá 31 tubos de

presión que tendrán una longitud de 6,68 metros y un diámetro de 0,29 metros para un peso de 184 Kg. Cada uno 186 membranas cuyas características básicas serán un área nominal de 400 ft<sup>2</sup> y con un rechazo mínimo de sales de 99,7% para producir un flujo de permeado de 24,6 m<sup>3</sup>/día.

Las bombas de alta presión serán cuatro, montadas dos por línea en serie. Serán bombas centrífugas multicelulares con una potencia de 713,247 KW cada una. Proporcionarán unas condiciones de 392,62 m y suministrarán un caudal de 12.500 m<sup>3</sup>/día. Se recuperará energía con dos turbinas Pelton, las cuales recuperarán 147,25 KW por bomba.

Los 15.033,98 m<sup>3</sup>/día de permeado producido se impulsarán con una bomba centrífuga de potencia 66,312 KW al tanque de agua producto, que tendrá capacidad de 1.500 m<sup>3</sup> y estará fabricado en PRFV. Desde él se circulará el mismo caudal de agua producto hasta las instalaciones municipales de distribución, para ello se dispondrá de una bomba igual a la de impulsión de permeado, cuyas características serán una capacidad de 87,75 metros para un caudal de m<sup>3</sup>/día (626,42 m<sup>3</sup>h).

El agua producida será para consumo humano por tanto sus cualidades estarán regidas por la normativa vigente española referida a la calidad de las aguas requeridas, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y el Real Decreto 1138/1990 de 14 de Septiembre por el que se adapta a la legislación española la Directiva Europea 80/778/CEE de 15 de Julio de 1980 sobre la misma materia.

Posteriormente, la Directiva Europea 98/83/CEE de 3 de Noviembre establece unos nuevos requisitos mínimos a cumplir.

Para cumplir la norma el agua producto será sometido a un proceso de remineralización para alcanzar los valores de concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  indicados en la norma. Se remineralizará con la dosificación de hidróxido cálcico ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). También se añadirá cloro residual con hipoclorito sódico para cumplir la normativa.

Todos los reactivos químicos se dosificarán con bombas de membrana con potencia de 50 W y un caudal máximo de 60L/h y presión máxima de 10 bar. Para una distribución homogénea de reactivos se insertarán al flujo mediante mezcladores estáticos Sulzer Compax, además el depósito de lavado de membranas y el de hidróxido cálcico dispondrán de agitadores.

La salmuera será vertida al mar mediante un emisario submarino de PRFV, no sin antes recuperarse parte de su energía en una turbina Pelton. Con las recomendaciones hechas en el estudio del impacto ambiental. La conducción se bifurcará en el extremo del vertido para garantizar y asegurar una dilución rápida y adecuada con el fin de evitar la afección del entorno marino.

La inversión en capital fijo para la puesta en marcha de la Planta Desaladora, dará un total de 6.261.712,63 €. La estación desaladora producirá un caudal de 4.961.213,40 m<sup>3</sup>/año, a 0,65 €/m<sup>3</sup> de agua desalada, originará ingresos por valor de 3.224.788,71 €, resultando un beneficio bruto anual de 1.623.815,18 €. Esta cuantía de beneficio bruto dará viabilidad a la construcción de la EDAM.

En Cádiz a 5 de Junio de 2006

Fdo: Joaquín A. Blesa García

# DOCUMENTO N° 1

# MEMORIA

# DESCRIPTIVA



## **ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**
- 3. ANTECEDENTES DE LA DESALACIÓN DE AGUA DE MAR.**
  - 3.1. Breve historia de la desalación.**
    - 3.1.1. Perspectiva mundial.
    - 3.1.2. Historia de la desalación en España.
  - 3.2. Situación actual de la desalación.**
    - 3.2.1. Oriente Medio y Norte de África
    - 3.2.2. América.
    - 3.2.3. Asia y Oceanía
    - 3.2.4. Europa
    - 3.2.5. Nuevas instalaciones
    - 3.2.6. La desalación en España.
    - 3.2.7. Resumen
- 4. MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO.**
  - 4.1. Materias primas.**
  - 4.2. Producto.**
- 5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.**
  - 5.1. Procesos de desalación.**
    - 5.1.1. Tipos de procesos de desalación.
    - 5.1.2. Selección del proceso de desalación.
  - 5.2. Selección de la membrana de ósmosis inversa.**
    - 5.2.1. Clasificación de membranas de ósmosis inversa.
      - 5.2.1.1. Según su estructura.
      - 5.2.1.2. Según su naturaleza.
      - 5.2.1.3. Según su forma.
      - 5.2.1.4. Según su composición química.
      - 5.2.1.5. Según su carga superficial.

5.2.1.6. Según la morfología de su superficie.

5.2.1.7. Según la presión de trabajo.

5.2.2. Selección de membrana.

### **5.3. Configuración de módulos de ósmosis inversa.**

5.3.1. Tipos de configuraciones de módulos.

5.3.2. Selección de configuración de módulos.

### **5.4. Agrupación de módulos.**

5.4.1. Tipos de agrupaciones.

5.4.1.1. Agrupación de etapas.

5.4.2. Selección del tipo de agrupación.

### **5.5. Selección de la toma de agua.**

5.5.1. Posibilidades de toma de agua.

5.5.2. Selección de la toma de agua.

## **6. VIABILIDAD PRELIMINAR DEL PROYECTO.**

**6.1. Técnica.**

**6.2. Legal.**

**6.3. Económica.**

## **7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.**

**7.1. Toma de agua.**

7.1.1. Bombas de captación.

**7.2. Pretratamiento físico.**

7.2.1. Filtración grosera.

7.2.2. Filtración de afino.

**7.3. Tratamientos químicos.**

7.3.1. Pretratamientos químicos.

7.3.1.1. Desinfección.

7.3.1.2. Regulación del pH.

7.3.1.3. Reducción-Decloración.

7.3.1.4. Coagulación.

7.3.1.5. Inhibición.

### 7.3.2. Post-tratamientos químicos.

7.3.2.1. Remineralización del permeado.

7.3.2.2. Post-cloración.

### 7.3.3. Equipos.

7.3.3.1. Depósitos.

7.3.3.2. Bombas dosificadoras.

7.3.3.3. Agitador.

7.3.3.4. Mezcladores estáticos.

## **7.4. Unidad de ósmosis inversa.**

7.4.1. Membranas, bastidores y tubos a presión.

7.4.2. Bombas de alta presión.

7.4.3. Sistema de recuperación de energía.

## **7.5. Depósito de alimentación y depósito de almacenamiento de agua producto.**

7.5.1. Depósito intermedio.

7.5.2. Depósito de almacenamiento de agua producto.

## **7.6. Impulsión del agua producto, permeado y vertido del rechazo.**

7.6.1. Impulsión del agua producto

7.6.1.1. Bomba de impulsión.

7.6.2. Impulsión del permeado.

7.6.2.1. Bomba de impulsión.

7.6.3. Vertido del rechazo.

## **7.7. Tuberías.**

7.7.1. Baja presión.

7.7.2. Alta presión.

## **8. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA.**

### **8.1. Válvulas.**

### **8.2. Caudal.**

### **8.3. Presión.**

### **8.4. Temperatura.**

### **8.5. Conductividad.**

### **8.6. pH.**

### **8.7. Niveles.**

## **9. UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

### **9.1. Ubicación.**

### **9.2. Distribución en planta.**

## **10. SEGURIDAD EN LA PLANTA.**

### **10.1. Identificación de riesgos laborales.**

### **10.2. Medidas preventivas recomendadas.**

### **10.3. Almacenamiento de productos químicos.**

#### 10.3.1. Generalidades y legislación

#### 10.3.2. Características del almacén.

#### 10.3.3. El almacenamiento

### **10.4. Seguridad frente a los reactivos químicos.**

#### 10.4.1. Manipulación del hipoclorito sódico.

#### 10.4.2. Manipulación del ácido sulfúrico.

#### 10.4.3. Manipulación de la solución de cloruro férrico.

#### 10.4.4. Manipulación de la solución de bisulfito sódico.

#### 10.4.5. Manipulación del inhibidor (GENSYS HR).

#### 10.4.6. Manipulación de hidróxido cálcico.

#### 10.4.7. Manipulación de Genesol 37.

## **11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

### **11.1. Disposiciones preliminares.**

### **11.2. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios.**

### **11.3. Protección.**

#### 11.3.1. Protección activa contra incendios.

#### 11.3.2. Alumbrado de emergencia.

#### 11.3.3. Extintores.

11.3.4. Plan de medidas preventivas y métodos de actuación en caso de emergencia.

11.3.5. Sistemas automáticos de detección de incendio.

11.3.6. Sistemas de comunicación de alarma.

11.3.7. Señalización.

**11.4. Relación de normas UNE de obligado cumplimiento en la aplicación del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales**

## **12. PUESTA A PUNTO, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RENDIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.**

**12.1. Puesta a punto.**

**12.2. Pruebas de funcionamiento y rendimiento.**

**12.3. Mantenimiento de La Planta.**

12.3.1. Introducción.

12.3.2. Mantenimiento preventivo.

12.3.3. Mantenimiento predictivo

12.3.4. Lavado de membranas.

## **13. BIBLIOGRAFÍA.**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Planeta azul es el nombre que recibe la Tierra por su aspecto azulado debido a la cantidad de agua presente en su superficie. En ella, los recursos hídricos no se encuentran repartidos uniformemente, del volumen total existente, tan sólo el 2,5% lo es de agua dulce. Y de ésta, tan sólo el 0,3% puede estar razonablemente disponible.

A pesar de la definición química del agua como una sustancia constituida exclusivamente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, en la naturaleza no se encuentra nunca en ese grado de pureza sino que está siempre impurificada.

Debido a que su curso transcurre por el suelo, por la superficie de la tierra e inclusive a través del aire, el agua se contamina y se carga de materias en suspensión o en solución como por ejemplo partículas de arcillas, residuos de vegetación, organismos vivos (plancton, bacterias, virus), sales diversas, cloruros, sulfatos, carbonatos, materia orgánica, ácidos húmicos, residuos de fabricación, gases, etc... No puede ser utilizada directamente para el consumo humano ni para usos industriales, dado que no es lo suficientemente pura biológicamente ni químicamente.

El agua es necesaria para la vida humana y, además, cualquier estado de desarrollo o progreso de la Humanidad es impensable sin tener que recurrir a este precioso y escaso elemento. El hombre demanda agua para todas sus actividades y esta demanda es tanto mayor cuanto más desarrollo se alcanza.

Su escasez supone una limitación importante para el desarrollo de los pueblos debido a la dependencia que de ella tienen tanto la agricultura como la

industria o la población. Tanto la escasez de agua como su mala calidad han sido constante preocupación a lo largo de la Historia.

El gran aumento de la población, el desarrollo industrial, energético, agropecuario, terrestre y las necesidades domésticas son factores que han influido para que el agua sea considerada como una de las sustancias más complicadas y difíciles de obtener en un estado limpio, por eso tiene que ser procesada o potabilizada para que llegue a nuestros hogares.

Además, en los últimos tiempos se observa un crecimiento de población en las zonas costeras y, por tanto, del consumo, precisamente donde los recursos hídricos suelen ser escasos. Por todo ello y considerando que la tecnología de desalación es ya fiable y competitiva, las zonas costeras deben pasar a considerar el océano como recurso potencial de agua dulce, tan accesible como la aguas superficiales o subterráneas.

Entendemos la desalación como el proceso físico de separación de sales de una disolución acuosa por el cual el agua de mar, puede convertirse en un recurso hídrico perfectamente aprovechable tanto para el abastecimiento humano como para el riego y usos industriales.

Por tanto la utilización de técnicas de desalación, tanto de recursos salobres como de agua de mar, constituye en determinadas circunstancias una solución a la escasez sistemática de recursos hídricos en algunas zonas.

Hoy en día, la desalación es una tecnología totalmente segura y contrastada, que se ha ido extendiendo por el mundo en la medida que han ido creciendo las necesidades de agua de los países y han comenzado a escasear los recursos hídricos tradicionales, hasta el punto de generarse déficit hídricos en distintas zonas, problemáticos de ser solucionados por los medios

tradicionales. Reflejo de ello es que, en la actualidad, se producen diariamente más de 24 millones de metros cúbicos de agua desalada en todo el mundo, con capacidad para abastecer a una población de más de 120 millones de habitantes.

## **2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

El objeto del proyecto será el diseño de una Estación Desaladora de Agua de Mar (EDAM) basada en la técnica de Ósmosis Inversa, así como la descripción de los tratamientos y procesos realizados.

La capacidad de producción de agua producto de La Planta será de 15.000 m<sup>3</sup> (15 millones de litros) por día obtenidos con una conversión nunca inferior al 60%. Estableciendo un consumo medio de agua por habitante de 230 litros por día, La Planta sería capaz de abastecer de agua potable a una población de 65.365 habitantes.

El agua de aporte o bruta tendrá una salinidad media de 36 gr./1.000 gr. de agua (36.000 mg/l ó 36.000 ppm) de TDS y deberá producir un agua producto con las características exigidas por la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de aguas potables y de consumo público.

Las propiedades del agua de mar usada como materia prima de La Planta que se han definido y que mas adelante se definirán son propias del Mar Mediterráneo, por tanto La Planta puede ser construida en cualquier zona costera de dicho mar.

El proyecto se justifica teniendo en cuenta dos factores, el primero la importancia de los recursos hídricos y su paulatino empobrecimiento. El agua



es vital para el desarrollo de la vida así como para numerosas actividades humanas, unido a la reducción en cantidad y calidad de este recurso. Reducción en cantidad debido a los periodos continuados de sequías y al aumento de la demanda. Aumenta el consumo debido al crecimiento de la población y su nivel de vida, y debido al desarrollo industrial. También hay una reducción de calidad originada por la continua contaminación del medio ambiente.

El segundo factor es la desalación como método para paliar dicha necesidad. El desarrollo de las técnicas de desalación, y especialmente aquellas que requieren un menor consumo energético y mayor eficacia, han contribuido a mejorar el rendimiento de las operaciones de desalación y a un menor coste de producción, lo que ha incidido en considerar las aguas desaladas como una alternativa más para la obtención de agua potable.

### **3. ANTECEDENTES DE LA DESALACIÓN DE AGUA DE MAR.**

#### **3.1. Breve historia de la desalación.**

##### **3.1.1. Perspectiva mundial.**

Para el hombre siempre ha sido un reto el separar la sal del agua del mar para aprovechar sin límite sus inmensas reservas, ya se tiene constancia de que Aristóteles hablaba de aquello que hacía inservible el agua de mar para poder regar los campos y calmar la sed.

Desde la época griega clásica, donde se definieron los principios para la separación del agua y las sales, el hombre siempre ha buscado maneras de lograr esa separación. Existen ejemplos a lo largo de la historia antigua de hombres dedicados a tal esfuerzo: Aristóteles, Tales de Mileto, Demócrito, Plinio, Laguna (médico de Carlos V)... En el siglo XVI ya se utilizaron

alambiques en barcos para obtener agua dulce, aunque de naturaleza muy rudimentaria.

Hasta bien entrado el siglo XIX no se puede hablar propiamente de una estación desaladora de naturaleza estable. Precisamente fue una planta de destilación solar en una explotación minera: las Salinas de Chile (Handbury, Hodgkiess y Morris, 1993). Su rendimiento era ínfimo (20 m<sup>3</sup> producidos en una extensión de 4.000 m<sup>2</sup>), pero era la primera forma de obtener agua dulce para el abastecimiento de la población minera en aquel lugar tan remoto y árido. Posteriormente, en el año 1884 se fabrica por primera vez un evaporador para un barco aprovechando la energía residual del vapor de salida de su caldera. Toda la primera tecnología iba encaminada al efecto pernicioso del agua salada en los tubos de los intercambiadores: incrustaciones, corrosión, etc.

La primera mitad del siglo XX fue totalmente dominada por las tecnologías de evaporación, y se incidió principalmente en el diseño de nuevos tipos de intercambiadores más eficientes y compactos que producían cada vez mas agua dulce con el menor consumo.

La facilidad de combinación con instalaciones productoras de energía y su robustez y capacidad ha contribuido a su manutención en el panorama mundial, como veremos en el inventario mundial del apartado 7.

Sin embargo, la dependencia energética primaria de este tipo de plantas y su alto consumo motivó la búsqueda de otras alternativas en el mundo de la desalación, como las membranas. Las primeras investigaciones de membranas para desalación datan de la década de los 30, cuando Ferry las recopila en 1936 y las clasifica por sus materiales utilizados (naturales, de malla porosa, cobre, celofán...). Pero las primeras experiencias de membranas con rechazo de sales aceptable para la desalación son de Reid y Breton en la

Universidad de Florida en 1953, que obtuvieron un rechazo del 98% con membranas planas de acetato de celulosa. Posteriormente Loeb y Sourirajan en 1960 mejoraron el flujo de este tipo de membranas.

Ya en los 70 el material de las membranas se sustituye por poliamida aromática que aumentaba el rechazo hasta el 99%; la primera membrana de este tipo para agua de mar data de 1972, siendo dos años antes la fecha de aparición de las primeras membranas para aguas salobres. A partir de esta fecha, la búsqueda de nuevos materiales (la mayoría de ellos de naturaleza orgánica como la poliamida aromática) ha contribuido a evitar de forma considerable los problemas derivados de la operación de las mismas (no tolerancia a ciertos componentes) así como disminuir la presión mínima necesaria para la obtención del permeado. Centrándonos en la evolución histórica de capacidad instalada en el mundo, se puede decir que en el año 1970 dicha capacidad era de tan sólo 1,7 hm<sup>3</sup>/día, correspondientes a plantas evaporadoras muy baratas de instalación pero de alto consumo, utilizadas normalmente en los barcos para reducir espacio y de acuerdo con la tecnología disponible en aquel momento (VTE principalmente). Sin embargo, la crisis del petróleo de 1973 fue el revulsivo para que los países exportadores de petróleo, que además son los países con mayor escasez de agua, instalarán gran cantidad de plantas de evaporación acopladas con plantas de producción eléctrica, lo que ha permitido el asentamiento definitivo de la población en estas zonas tan áridas del planeta.

En los años 80, una nueva crisis del petróleo y la aparición de las membranas de osmosis inversa para agua de mar, hizo que el incremento de este tipo de plantas no fuera tan espectacular, además de que la desalación por otros métodos se extendiera más allá del Golfo Pérsico de forma notoria, especialmente en el tratamiento de aguas salobres.

Finalmente, en la década de los 90 los procesos de evaporación siguen pesando considerablemente en Oriente Medio, pero en el resto del mundo la ósmosis inversa es el proceso predominante, penetrando en el difícil mercado árabe con la aparición de las membranas preparadas para filtrar ese tipo de aguas y la posibilidad de acoplar instalaciones híbridas en el caso de baja demanda eléctrica en sus instalaciones duales. La gráfica siguiente muestra la evolución histórica de la capacidad mundial instalada en desalación.

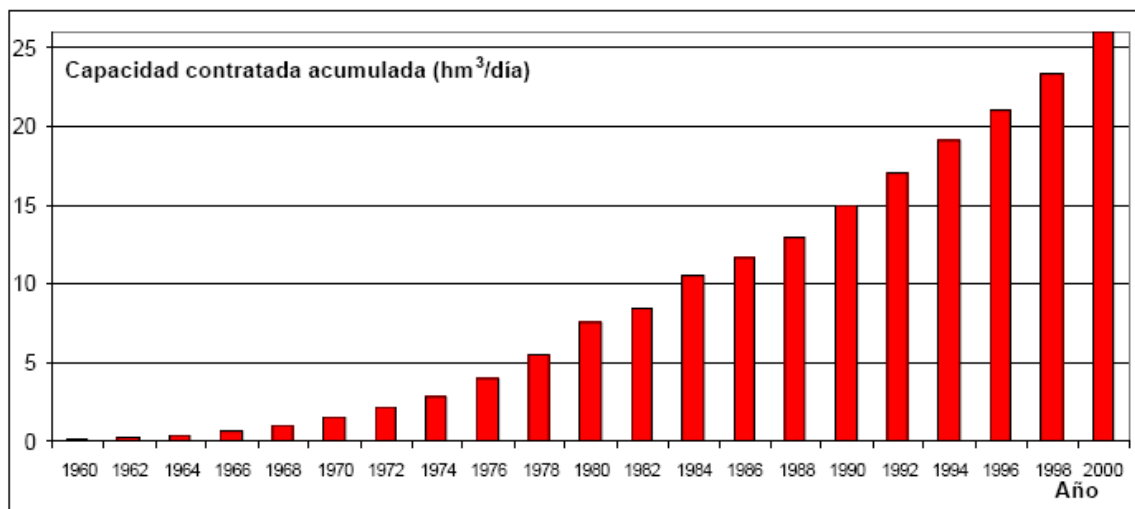


Figura 3.1.1.1. Evolución de la capacidad total de desalación en el mundo.

### 3.1.2. Historia de la desalación en España.

La evolución tecnológica de la desalación tiene su perfecto reflejo en nuestro país. Las primeras instalaciones desaladoras, algunas de ellas ya desmanteladas o convenientemente readaptadas a nuevas tecnologías, localizadas en Ceuta, Gran Canaria (2), Lanzarote y Fuerteventura, se instalaron hace ya 30 años. Lógicamente la tecnología dominante de la época era la de evaporación, con unidades MSF acopladas a plantas duales.

La tabla 3.1.2.1 muestra las características de las estaciones desaladoras en esta primera época. La mayoría de ellas ya no operan en la actualidad, o han

sido actualizadas con tecnologías más favorables desde el punto de vista energético.

| Nombre                  | Año  | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|-------------------------|------|---------------------------------|---------|
| Termolanza* (Lanzarote) | 1965 | 2.000                           | MSF     |
| Ceuta I*                | 1969 | 4.000                           | MSF     |
| Fuerteventura I*        | 1970 | 2.000                           | MSF     |
| Las Palmas I            | 1970 | 20.000                          | MSF     |

\*No operan actualmente.

Tabla 3.1.2.1. Primeras instalaciones desaladoras en España.

Fuente: Torres (1999).

Tras esta primera etapa, la primera crisis del petróleo supuso un freno al desarrollo de las instalaciones desaladoras, que obligó a buscar medidas de ahorro en las instalaciones existentes. Así surgieron los nuevos diseños de los intercambiadores de los procesos evaporativos, con mayor superficie de intercambio que permiten mayor destilado con el mismo consumo. La tabla 3.1.2.2 resume las instalaciones nuevas correspondientes a esta nueva época de la historia de la desalación española.

| Nombre                     | Año  | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|----------------------------|------|---------------------------------|---------|
| Lanzarote I*               | 1976 | 5.000                           | MSF     |
| Riotinto (Lanzarote)*      | 1977 | 2.500                           | MSF     |
| Fuerteventura II*          | 1978 | 2.000                           | CV      |
| C. T. Carboneras (Almería) | 1980 | 2.200                           | MSF     |
| Las Palmas II              | 1980 | 18.000                          | MSF     |

\*No operan actualmente.

Tabla 3.1.2.2. Plantas desaladoras instaladas en España tras la 1ª crisis del petróleo (1973).

Fuente: Torres (1999).

En la década de los 80, con la aparición de las membranas capaces de producir agua dulce a través del proceso de ósmosis inversa, empieza el desarrollo y la imposición clara de esta tecnología en España. En esta época,

las membranas de ósmosis inversa sólo se habían utilizado para la filtración de aguas salobres, donde la electrodiálisis ya era una tecnología perfectamente viable. También debe reseñarse que muchos complejos turísticos privados instalaron pequeñas unidades de CV para solucionar sus problemas de abastecimiento, radicados fundamentalmente en lugares apartados de los núcleos habitados. La tabla 3.1.2.3 muestra las instalaciones más representativas de esta época.

| Nombre                     | Año  | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|----------------------------|------|---------------------------------|---------|
| Lanzarote II               | 1987 | 7.500                           | OI      |
| Las Palmas III             | 1989 | 36.000                          | OI      |
| Fuerteventura III          | 1990 | 5.000                           | OI      |
| Maspalomas I* (Las Palmas) | 1987 | 10.000                          | EDR     |
| Denia* (Alicante)          | 1990 | 16.000                          | OI      |

\*Aguas salobres.

Tabla 3.1.2.3. Plantas desaladoras instaladas en España en la década de los 80.

Fuente: Torres (1999).

A partir de la década de los 90, las instalaciones de OI se han adueñado del panorama desalador en España. Hay que destacar que la oferta eléctrica española ha podido soportar el consumo de este tipo de instalaciones, aunque también es cierto que esta época coincide con la aparición de sistemas de recuperación de energía que reducen considerablemente el consumo eléctrico derivado en estas instalaciones, donde España es un país puntero en cuanto a la investigación encaminada hacia esa reducción de consumo (sólo hay que ver la cuota de participación española en los congresos internacionales de desalación).

La liberalización de los precios de la energía eléctrica en nuestro país, sólo accesible ahora a grandes consumidores también ha contribuido a imponer la OI como casi la única tecnología aplicable, a excepción de la ED

para desalación de aguas salobres ó reutilización de aguas residuales urbanas (ARU). La tabla 3.1.2.4 muestra algunas plantas instaladas en esta última década.

| Nombre            | Año  | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|-------------------|------|---------------------------------|---------|
| Lanzarote III**   | 1991 | 20.000                          | OI      |
| Sureste I         | 1993 | 10.000                          | OI      |
| Ibiza II          | 1996 | 10.000                          | OI      |
| Marbella          | 1997 | 55.000                          | OI      |
| Ceuta             | 1997 | 16.000                          | OI      |
| Seat Martorell*   | 1992 | 10.500                          | OI      |
| Repsol Tarragona* | 1993 | 14.400                          | OI      |
| Son Tugores*      | 1995 | 35.000                          | OI      |
| Bajo Almanzora*   | 1996 | 30.000                          | OI      |
| Mazarrón*         | 1996 | 9.000                           | OI      |
| C. R. Jacarilla*  | 1997 | 9.000                           | OI      |

\*Aguas salobres. \*\* Tras ampliación de 5.000 m<sup>3</sup>/día en 1997.

Tabla 3.1.2.4. Plantas desaladoras instaladas España en la década de los 90. Hasta año 1997.

Fuente: Torres (1999), Fariñas (1999).

Como dato anecdótico, algunas viejas MSF acopladas en plantas de cogeneración han sido sustituidas con la última tecnología MED para obtener una mayor cantidad de destilado con el mismo consumo de vapor: en el caso de la desaladora Las Palmas I su capacidad se ha aumentado un 50% hasta alcanzar los 30.000 m<sup>3</sup>/día.

En conclusión, la desalación en España es una actividad relativamente novedosa con respecto al resto mundial, ya que las necesidades hídricas creadas han sido consecuencia del aumento demográfico y el consumo turístico localizado en el litoral mediterráneo.

La tecnología desaladora que se ha impuesto es la de ósmosis inversa, gracias a una oferta eléctrica cubierta y el menor precio en la obtención del agua desalada.

### 3.2. Situación actual de la desalación.

La capacidad total instalada en todo el mundo es de unos 26 hm<sup>3</sup>/día, de los cuales 14hm<sup>3</sup>/día corresponden a agua de mar y 12 hm<sup>3</sup>/día a aguas salobres (Wangnick, 1998). El peso de Oriente Medio es muy importante todavía en la industria de la desalación: el 61% del total de aguas desaladas. Arabia Saudita es el primer país en cuanto a capacidad desaladora (24,4%), seguido de cerca por los Emiratos Árabes unidos. España es actualmente el noveno país tras siete países árabes, USA, y la antigua URSS. La Figura siguiente muestra la distribución porcentual por países de la capacidad total instalada actualmente.

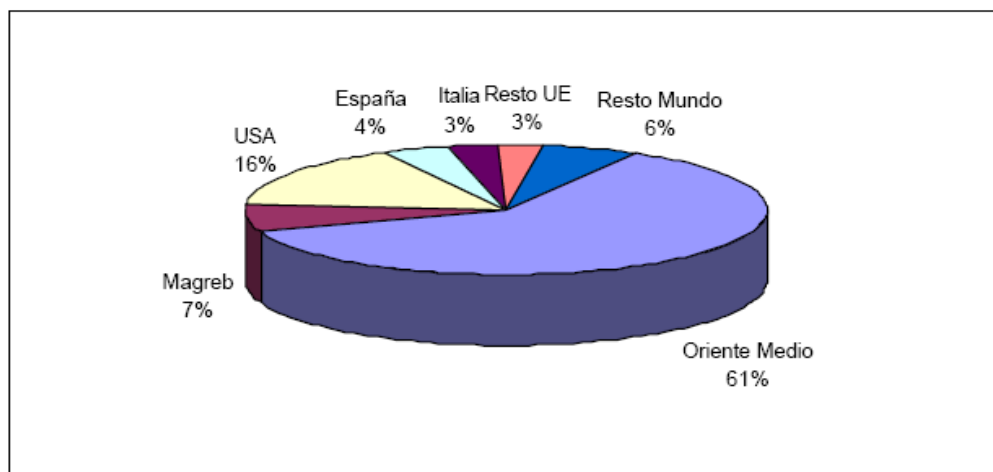


Figura 3.2.1. Distribución porcentual por países de la capacidad desaladora instalada.

Fuente: Torres (1999).

Si hablamos del número de unidades instaladas, el primer lugar lo ocupa los Estados Unidos, ya que tienen plantas de pequeño tamaño en comparación con las plantas de Oriente Medio, y Arabia Saudita ocupa el segundo lugar. España está en el quinto lugar de esta lista, ello significa que el tamaño medio de las instalaciones españolas es pequeño en comparación a la media mundial.



En cuanto a tecnologías, las de destilación suponen el 52%, las de ósmosis inversa son el 38%, y el resto (12%) es principalmente debido a la electrodiálisis.

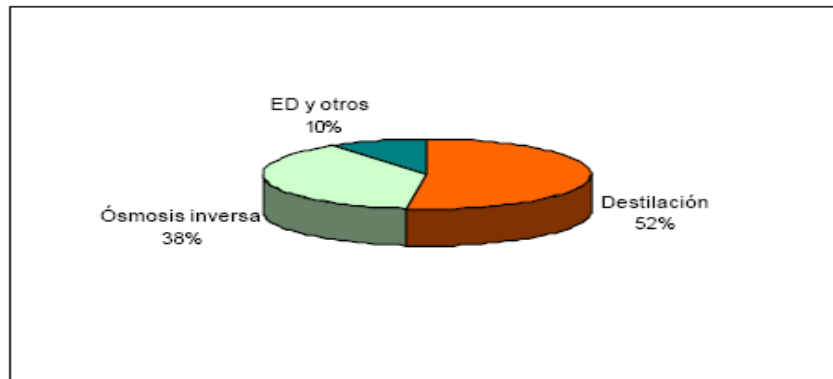


Figura 3.2.2. Distribución porcentual (por capacidad contratada) de los métodos de desalación.

Fuente: Medina (2000).

### 3.2.1. Oriente Medio y Norte de África

El porcentaje de los países de Oriente Medio se incrementa sustancialmente respecto de ese 61% si sólo hablamos de agua de mar. La tecnología MSF es predominante respecto al resto de técnicas evaporativas, como puede verse en la siguiente Figura, con alrededor del 80% del total del agua de mar desalada por procesos MSF.

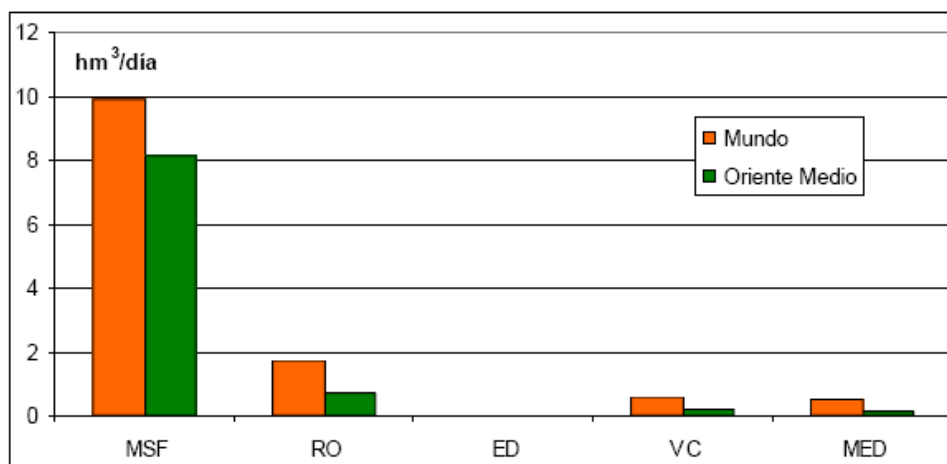


Figura 3.2.1.1. Capacidad total contratada de agua de mar, por métodos de desalación.

Fuente: Alawadhi (1996).

| País         | MSF       | MED    | CV      | OI        | ED     | Total             |
|--------------|-----------|--------|---------|-----------|--------|-------------------|
| Arabia Saudí | 3.486.985 | 17.870 | 75.512  | 1.751.191 | 97.776 | 5.429.334         |
| Argelia      | 125.222   | 955    | 33.525  | 83.946    | 19.976 | 263.624           |
| Bahrain      | 581.420   | 1.135  | 47.264  | 140.526   | 13.914 | 784.259           |
| Egipto       | 33.652    | 2.577  | 12.350  | 139.133   | 33.385 | 221.097           |
| Irán         | 319.769   | 18.210 | 34.478  | 85.874    | 20.710 | 479.041           |
| Iraq         | 10.824    | 1.175  | -       | 232.051   | 88.563 | 332.613           |
| Israel       | 7.191     | 21.028 | 2.604   | 196.739   | 6.578  | 234.140           |
| Jordania     | -         | -      | 1.100   | 7.726     | 1.537  | 10.363            |
| Katar        | 782.901   | 3.642  | 21.334  | 13.811    | -      | 821.688           |
| Kuwait       | 1.468.750 | 11.672 | 150     | 166.472   | 5.093  | 1.652.137         |
| Libano       | 520       | -      | 14.670  | 3.200     | -      | 18.390            |
| Libia        | 462.575   | 6.456  | 71.489  | 138.430   | 69.264 | 748.214           |
| Mauritania   | 3.000     | -      | 1.654   | -         | -      | 4.654             |
| Marruecos    | 7.002     | -      | 8.064   | -         | 1.404  | 16.470            |
| Omán         | 329.927   | 4.200  | 14.019  | 28.837    | 896    | 377.879           |
| Palestina    | -         | -      | -       | 2.246     | -      | 2.246             |
| Somalia      | -         | -      | 120     | 288       | -      | 408               |
| Siria        | -         | -      | -       | 6.983     | 1.983  | 8.966             |
| Sudán        | 226       | 750    | 900     | -         | -      | 1.876             |
| Túnez        | 336       | 240    | 4.820   | 58.615    | -      | 64.011            |
| UAE          | 4.468.769 | 9.346  | 474.505 | 174.553   | 5.102  | 5.132.275         |
| Yemen        | 2.400     | 61.506 | 250     | 7.411     | 3.330  | 74.887            |
| <b>TOTAL</b> |           |        |         |           |        | <b>16.678.852</b> |

Tabla 3.2.1.1. Capacidad instalada (m<sup>3</sup>/día) en la región MENA desglosada por técnicas de desalación.

Fuente: Watermark (2000).

La tabla anterior muestra un resumen por tecnologías de la capacidad contratada de los países que conforman la región MENA (Oriente Medio y Próximo y Norte de África). Ellos conforman alrededor del 70% del total.

La capacidad instalada alcanza unas cifras considerables en países de densidad demográfica baja. Por ejemplo podemos destacar los Emiratos Árabes Unidos (UAE), que en tan solo 3 años han doblado su capacidad de desalación para una población no excesivamente alta (2,2 millones de habitantes). Sin embargo, los países del Golfo no reciclan más del 35% de sus aguas residuales, que contribuye sólo al 2.2% de su suministro, dicha agua es

normalmente utilizada para el riego de cultivos y jardines y algún proceso industrial, con un total de 105 plantas de tratamiento con una capacidad conjunta de 2 hm<sup>3</sup>/día (Alawadhi, 1999). No cabe duda que dichas plantas deben ser más utilizadas, para prevenir el impacto ambiental y la intrusión del agua salada en las capas freáticas subterráneas.

### 3.2.2. América.

La desalación en los Estados Unidos se centra sobre todo en los estados de California, Tejas y Florida, ya que son las zonas costeras más áridas del país (con sequías cada vez más frecuentes en la zona) y tienen la mayor previsión de aumento demográfico del país, con un 45% en el horizonte del año 2025 (Gleick, 1998). El crecimiento del número y la capacidad de las instalaciones ha sido entretanto los últimos años el mayor del mundo, casi todas ellas de OI potabilizando aguas de contenido salobre. La siguiente tabla muestra un extracto de plantas instaladas en USA en las dos últimas décadas.

| Localización     | Estado           | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso | Tipo agua   |
|------------------|------------------|---------------------------------|---------|-------------|
| Chandler         | Arizona          | 10.500                          | OI/NF   | Salobre     |
| El Segundo       | California       | 92.000                          | OI/MF   | Residual    |
| Riverside        | California       | 24.800                          | OI      | Salobre     |
| Saratoga         | California       | 23.000                          | MF      | Deteriorada |
| Water Factory 21 | California       | 23.000                          | OI      | Salobre/mar |
| Dunedin          | Florida          | 44.100                          | OI      | Salobre     |
| Hollywood        | Florida          | 82.800                          | OI/NF   | Salobre     |
| Napples          | Florida          | 55.200                          | OI/NF   | Deteriorada |
| Sanibel          | Florida          | 21.600                          | OI      | Salobre     |
| Kemole Weir      | Hawaii           | 36.800                          | MF      | Residual    |
| Mt. Pleasant     | South California | 31.300                          | OI      | Salobre     |
| Sherman          | Tejas            | 27.600                          | EDR     | Deteriorada |
| Newport News     | Virginia         | 26.250                          | OI      | Salobre     |

MF: Microfiltración. NF: Nanofiltración.

Tabla 3.2.2.1. Algunas de las plantas de desalación de USA instaladas.

Fuente: Hawaii University (2000).

Aunque no tenga significación en el porcentaje de volúmenes desalados respecto al total mundial, la desalación en las islas caribeñas ha solucionado sus graves problemas de abastecimiento a su colonia turística. Existen numerosas plantas de capacidad reducida (Bahamas, Antigua, Barbados, islas Vírgenes) en su mayoría de tecnología MED, CV y OI (Barendsen y Moch, 1999).

### 3.2.3. Asia y Oceanía

Respecto a la situación en la región del pacífico, aunque no sea importante su cuota de participación con respecto al total mundial, es bastante interesante resaltarla (Goto y otros, 1999). Hay diferentes situaciones en esta región cuando hablamos de la desalación, por ejemplo Japón y Corea tienen su propia tecnología que compite en el mercado mundial.

Por el contrario, Australia y China tienen tecnología propia que no exportan, y el resto de países necesitan importarla. Aquí hablaremos de las dos primeras categorías, dejando la India para un comentario final.

Los recursos naturales son también muy variados en esta zona, ya que en algunos países la disponibilidad hídrica se debe a la baja población, y en otros a su elevada pluviometría; se puede decir que los problemas de agua en esta zona sólo son muy localizados. Como es de suponer, el uso agrícola supone la mayor porción en la región, y el consumo doméstico depende fuertemente del nivel de vida de cada país. La tabla 3.2.3.1 resume la capacidad instalada de las plantas desaladoras en la región, así como el tipo de proceso de desalación.

La capacidad es sensiblemente inferior al total de plantas instaladas en el Golfo. En conclusión se intuyen problemas en zonas ampliamente pobladas como China, acompañadas de su mejora en el nivel de vida.

| País      | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso                                  | Uso  | Tipo agua                                       |
|-----------|---------------------------------|--|--|---|
| Australia | 84.000                          | 64% RO<br>18% VC<br>12% MSF+ME           | 45% Industria<br>33% Gen. eléctrica<br>15% Municipal | 70% salobre<br>18% residual<br>10% mar          |
| China     | 182.000                         | 85% RO<br>15% MSF+ME                     | 55% Industria<br>40% Gen. eléctrica.<br>5% Consumo   | 50% salobre<br>20% pura<br>30% río,<br>residual |
| Japón     | 129.885                         | 88% RO<br>6.5% ED<br>3.5% MSF<br>1.8% ME | 53% Industria<br>47% Consumo                         | Principalmente<br>mar y salobre.                |
| Corea     | 180.000                         | > 90% RO<br>Resto ED                     | 100% Industria<br>incluyendo gen.<br>eléctrica.      | Pura > salobre<br>> residual ><br>río           |

Tabla 3.2.3.1. Instalaciones desaladoras en el área del Pacífico, datos de 1998.

Fuente: Goto y otros (1999).

La situación en la India también es digna de comentar, donde hay más de 200.000 poblaciones con agua no potable, de ellas alrededor de 50.000 tienen problemas de salobridad (con niveles salinos de hasta 4.000 ppm) que afectan a 60 millones de personas. Además hay numerosos pueblos con un censo medio de 500 a 1.500 habitantes en zonas montañosas ó en deltas de grandes ríos, en los cuales el suministro de agua potable es crucial. En este país se han instalado cientos de pequeñas plantas de ósmosis inversa y electrodiálisis (OI/ED) de 10 a 30 m<sup>3</sup>/día de capacidad para consumo local (Prabhakar y otros, 1997). Sólo existen 2 plantas de destilación por múltiple efecto (MED) de más de 10.000 m<sup>3</sup>/día para suplir procesos industriales, pero hay previsión de construcción de grandes plantas.

En los nuevos estados surgidos tras el desmembramiento de la antigua URSS, hay zonas muy áridas (Azerbaiyán, Turmekistán, Uzbekistán) que utilizan generalmente tecnología MED acoplada a sus centrales eléctricas para resolver sus déficits hídricos.

### 3.2.4. Europa

Con respecto a la situación en Europa, la aportación de la desalación sólo es representativa en islas del Mediterráneo. Por ejemplo, citamos a Chipre, una isla al este del Mediterráneo con graves problemas de abastecimiento de agua, ya que sufre continuas sequías y no tiene ningún río importante. La instalación de 2 pequeñas plantas MSF, una MED y una planta RO de 20.000 m<sup>3</sup>/día ha paliado gran parte de esos problemas. Existe un proyecto de una planta OI de 40.000 m<sup>3</sup>/día para el final de este año (Echaniz, 1997). La situación en Malta es similar, agravada por su condición de foco turístico.

En el resto de países mediterráneos, la desalación es menos importante en cuanto al porcentaje de aportación al consumo, con pequeñas plantas MSF y VC en el sur de Italia (incluyendo Sicilia y Cerdeña), aunque la capacidad total instalada alcance un valor casi comparable al español. Grecia, y Turquía tienen también pequeñas plantas OI generalmente para abastecimiento de las islas del mar Egeo.

Finalmente, Alemania y Austria tienen plantas de reutilización de aguas residuales o de producción de agua ultrapura para procesos industriales, sin utilizarse para el consumo humano.

### 3.2.5. Nuevas instalaciones

El constante desarrollo y la instalación de nuevas estaciones desaladoras en todo el mundo se podría calificar de increíble. La siguiente tabla muestra las nuevas plantas en proyecto o recientemente instaladas en el año 2.000 de más de 10.000 m<sup>3</sup>/día, que indica también la tendencia en cuanto a la tecnología a utilizar en los próximos años, así como la constatación de las áreas que van a seguir dependiendo de la desalación como único recurso a sus demandas.

|          |                          |         |            |          |
|----------|--------------------------|---------|------------|----------|
| Bahrain  | Ras Abu Jarjur           | 13.500  | OI         | Mar      |
| Barbados |                          | 11.355  | (Proyecto) | Mar      |
| Grecia   | Souli                    | 20.000  | OI         | Mar      |
| Holanda  | -                        | 32.000  | OI         | Río      |
| Holanda  | Heemskerk                | 43.149  | MS*        | Río      |
| Holanda  | Rotterdam                | 24.000  | CV         | Mar      |
| India    | -                        | 17.000  | CV         | Mar      |
| India    | Chennai                  | 135.000 | OI         | Residual |
| India    | Gujarat                  | 18.000  | MED        | Mar      |
| Kuwait   | Al-Zour                  | 180.000 | MSF        | Mar      |
| Kuwait   | Al-Zour                  | 127.120 | MSF        | Mar      |
| Libia    | Misurata                 | 70.000  | (Proyecto) | Mar      |
| Libia    | Mlita                    | 68.130  | (Proyecto) | Mar      |
| Libia    | Sirte                    | 40.000  | MSF        | Mar      |
| Libia    | Tobruk                   | 30.000  | MSF        | Mar      |
| Libia    | Trípoli                  | 250.000 | OI         | Mar      |
| Malta    | -                        | 30.280  | OI         | Mar      |
| Omán     | -                        | 136.000 | (Proyecto) | Mar      |
| Omán     | Barqa                    | 63.600  | MSF        | Mar      |
| Omán     | Barqa                    | 190.000 | MSF        | Mar      |
| Qatar    | Al-Wusail                | 181.680 | MSF        | Mar      |
| Qatar    | Ras Abu Fontas           | 122.600 | MSF        | Mar      |
| Singapur | Singapur                 | 408.600 | MSF        | Mar      |
| Túnez    | Djerba                   | 12.000  | OI         | Mar      |
| Túnez    | Zarzis                   | 12.000  | OI         | Mar      |
| UAE      | Ajman                    | 13.620  | CV         | Mar      |
| UAE      | Jebel Ali D              | 136.200 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Jebel Dhanna             | 114.000 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Mirfa II                 | 113.500 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Mirfa III                | 75.700  | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah A II            | 227.000 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah B II            | 115.200 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah C               | 227.100 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah C II            | 189.250 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah D               | 151.400 | MSF        | Mar      |
| UAE      | Taweelah D II            | 75.700  | MSF        | Mar      |
| UAE      | Umm Al Nar West          | 75.700  | MSF        | Mar      |
| USA      | Scottsdale, Arizona      | 18.925  | OI         | Salobre  |
| USA      | 29 Palms, California     | 11.355  | (Proyecto) | Salobre  |
| USA      | Chino Basin, California  | 30.280  | OI         | Salobre  |
| USA      | Chula Vista, California  | 18.925  | OI         | Salobre  |
| USA      | Fountain Val, California | 56.775  | OI         | Salobre  |
| USA      | Irvine, California       | 25.170  | OI         | Salobre  |
| USA      | Long Beach, California   | 17.033  | OI         | Salobre  |
| USA      | Los Angeles, California  | 18.925  | OI         | Salobre  |
| USA      | Monterey Pen, California | 11.355  | OI         | Salobre  |
| USA      | San Diego, California    | 113.550 | MSF        | Mar      |
| USA      | San Diego, California    | 75.700  | OI         | Residual |
| USA      | San Jacinto, California  | 11.355  | OI         | Salobre  |

| País         | Localización            | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso | Tipo agua |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|---------|-----------|
| Arabia Saudí | Al Baha I               | 91.000                          | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Al Jobail I (Extensión) | 90.000                          | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Al Jobail II (Ext.)     | 727.300                         | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Al Jobail III (Ext.)    | 181.000                         | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Al Wasia                | 200.000                         | OI      | Salobre   |
| Arabia Saudí | Assir II                | 136.400                         | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Jeddah                  | 20.000                          | OI      | Mar       |
| Arabia Saudí | Rabigh II               | 22.727                          | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Shuaibah III            | 227.273                         | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Shuaibah IV             | 253.000                         | MSF     | Mar       |
| Arabia Saudí | Tabuk I                 | 116.636                         | MSF     | Mar       |
| Bahrain      | -                       | 40.000                          | OI      | Mar       |
| Bahrain      | Hidd II                 | 136.200                         | MSF     | Mar       |
| Bahrain      | Hidd III                | 136.200                         | MSF     | Mar       |
| USA          | Santa Cruz, California  | 15.140                          | OI      | Salobre   |
| USA          | Southern, California    | 47.700                          | MED     | Mar       |
| USA          | Ventura, California     | 17.033                          | OI      | Mar       |
| USA          | Boca Ratón, Florida     | 34.065                          | MS      | Río       |
| USA          | Collier Coun, Florida   | 30.280                          | MS      | Río       |
| USA          | Delray Beach, Florida   | 52.990                          | MS      | Río       |
| USA          | Fort Pierce, Florida    | 11.355                          | OI      | Mar       |
| USA          | Hobart Park, Florida    | 22.710                          | MS      | Salobre   |
| USA          | Largo, Florida          | 18.925                          | OI      | Mar       |
| USA          | Lee County, Florida     | 18.925                          | OI      | Salobre   |
| USA          | Naples, Florida         | 30.280                          | OI      | Salobre   |
| USA          | Palm Springs, Florida   | 15.140                          | MS      | Río       |
| USA          | Tampa Bay, Florida      | 189.250                         | OI      | Mar       |
| USA          | Brownsville, Tejas      | 94.625                          | OI      | Salobre   |
| USA          | Newport News, Virginia  | 22.710                          | OI      | Río       |
| USA          | Newport News, Virginia  | 75.700                          | MED     | Mar       |

\* MS: Multi-stack, tecnología similar a la ED.

Tabla 3.2.5.1. Proyectos de instalación de unidades desaladoras en el mundo.

Fuente: Wangnick (2000).

### 3.2.6. La desalación en España.

Aunque la dotación por habitante y año supera con creces el límite considerado como el mínimo que impida el desarrollo de la sociedad asentada en el territorio (2.775 m<sup>3</sup>/hab. y año), el grave desequilibrio entre los recursos



hídricos (motivado por la irregular pluviometría de nuestra geografía) y los consumos soportados en ciertas zonas con agricultura intensiva de regadío e infraestructura turística que además consume en la época de menores precipitaciones, justifica la instalación de plantas desaladoras. La desalación en España queda afortunadamente reducida al Levante Español, Murcia, Andalucía, los dos archipiélagos y las ciudades del Norte de África. En dichas zonas, se puede evaluar la demanda total urbana asociada al turismo como una población equivalente de 7 millones de personas, que supone el 20% del total.

La producción total de agua desalada a finales del año 1998 se cifra en 222 Hm<sup>3</sup>/año, de los cuales alrededor del 42% corresponden a aguas marinas, y el 58% a salobres. Ello supone alrededor de un 4,9% del consumo total para abastecimiento urbano (alrededor de 2 millones de personas), y un 0,7% de todos los usos consuntivos del agua.

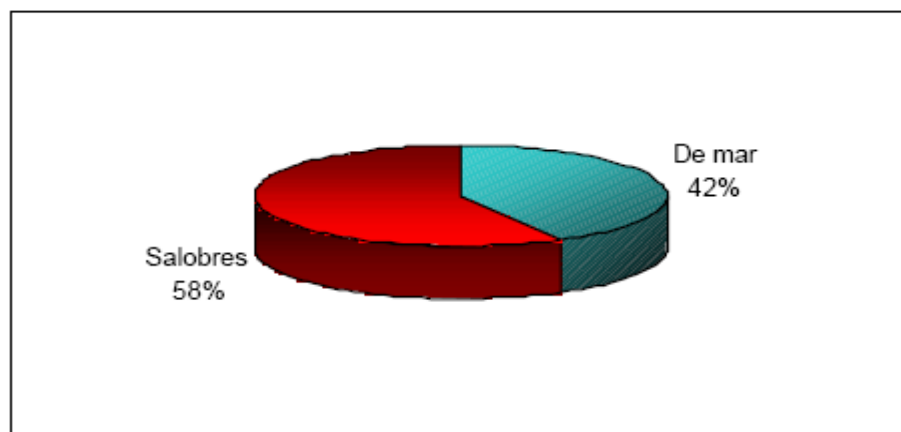


Figura 3.2.6.1. Distribución porcentual de la desalación en cuanto al tipo de aguas de aporte.

Fuente: Medina (2000).

En cuanto a la capacidad total instalada, actualmente sobrepasa los 700.000 m<sup>3</sup>/día. La distribución de los usos de esta agua se muestra en la siguiente tabla, ya que es un tanto peculiar con respecto al resto de países que se ha analizado anteriormente.

| Agua    | Total (hm <sup>3</sup> /año) | % Urbano y turismo | % Agricultura | % Industria |
|---------|------------------------------|--------------------|---------------|-------------|
| Mar     | 95,3                         | 94,4               | 5,6           | --          |
| Salobre | 126,57                       | 20,4               | 47,6          | 32,0        |

Tabla 3.2.6.1. Agua desalada en España durante el año 1998 y sus usos.

Fuente: Torres y Medina (1999).

Con un vistazo a la tabla se ve que en España la desalación de agua salobre para la agricultura intensiva de regadío se ha extendido considerablemente a pesar del sobrecosto producido por el proceso de desalación con respecto a la obtención por otros métodos o de forma natural.

Puede decirse que prácticamente es nuestro país el único que realmente consume aguas desaladas para su utilización agrícola (un 29,55% del total), aunque haya países que si utilizan aguas desaladas para el riego de jardines, ante la imposibilidad de otras fuentes (Abu Dhabi –UAE-, Arabia Saudí). La rentabilidad obtenida por cierto tipo de cultivos no ha sido el freno para seguir con ellos, teniendo en cuenta además que el coste de aguas salobres desaladas es bastante inferior al del agua de mar, como veremos en el apartado correspondiente al estudio económico de la desalación. La extensión actual aproximada regada con este tipo de aguas ronda las 9.000 ha.

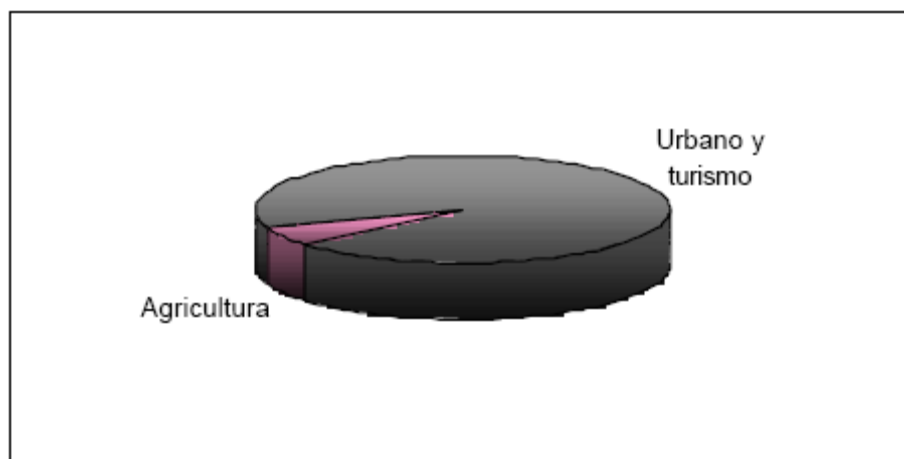


Figura 3.2.6.2. Distribución porcentual por sectores del agua marina desalada.

Fuente: Torres y Medina (1999).

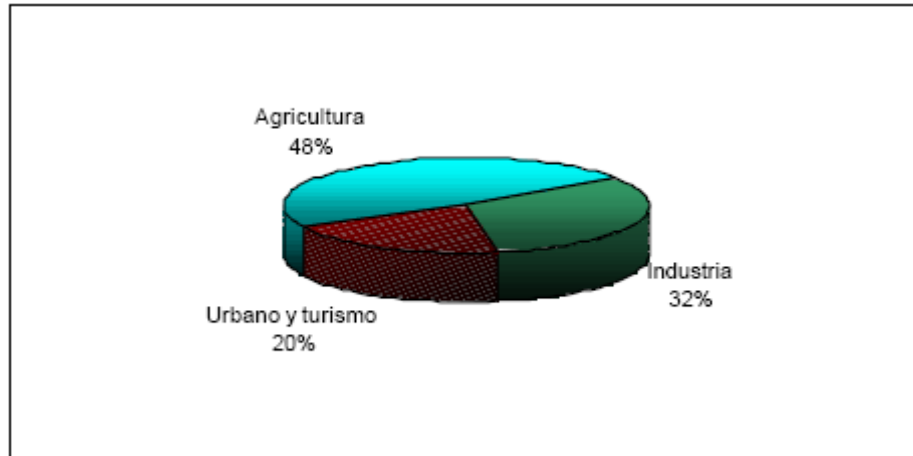


Figura 3.2.6.3. Distribución porcentual por sectores de aguas salobres desaladas.

Fuente: Torres y Medina (1999).

Es necesario incidir en la situación existente en dos zonas con características ligeramente diferentes al resto de zonas afectadas por la escasez de recursos. La primera de ellas es el Archipiélago Canario y la segunda la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Las islas Canarias han recurrido a la desalación para obtener la mayor parte del agua que demanda principalmente la industria turística. A partir de los setenta, la sobreexplotación de los escasos recursos acuíferos de las islas estaba llegando a límites preocupantes, ello ha supuesto que islas prácticamente desérticas como Lanzarote (140 mm. de precipitación anual) y Fuerteventura se abastezcan sólo con agua desalada, y en el caso de Gran Canaria llegue al 80% del total.

El resultado de todo ello es que en las Canarias 1 millón de personas se abastecen de las 280 estaciones desaladoras existentes, con una capacidad de 350.000 m<sup>3</sup>/día, 100 de ellas asociadas directamente al abastecimiento de hoteles y apartamentos. El 92% de las plantas son de inversión privada, aunque las de naturaleza pública producen el 60% del agua desalada. En cuanto a las tecnologías utilizadas, el 87% de las plantas son de OI, el 9% de

ED y el 4% de evaporación. Normalmente la ED se utiliza para aguas salobres cloruradas y/o bicarbonatadas, cosa muy común en las galerías de escorrentía de las laderas del Teide en Tenerife.

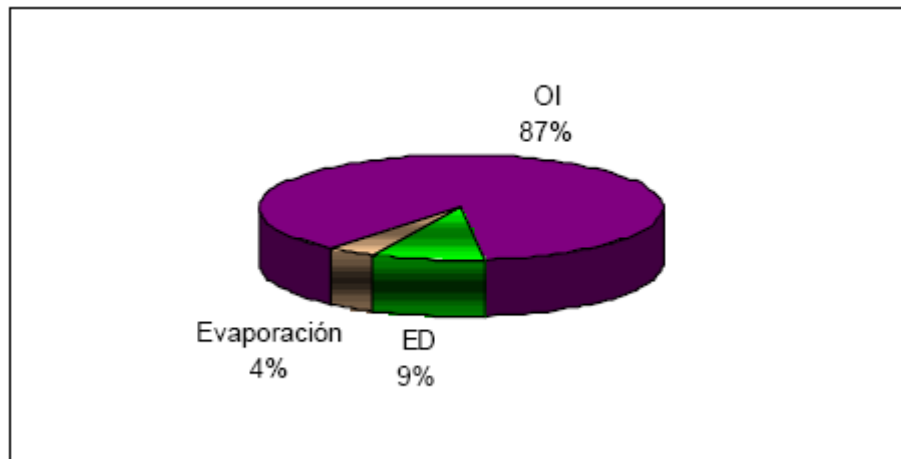


Figura 3.2.6.4. Distribución porcentual (por número de plantas) de los métodos de desalación radicados en Canarias.

Fuente: Hernández (2000).

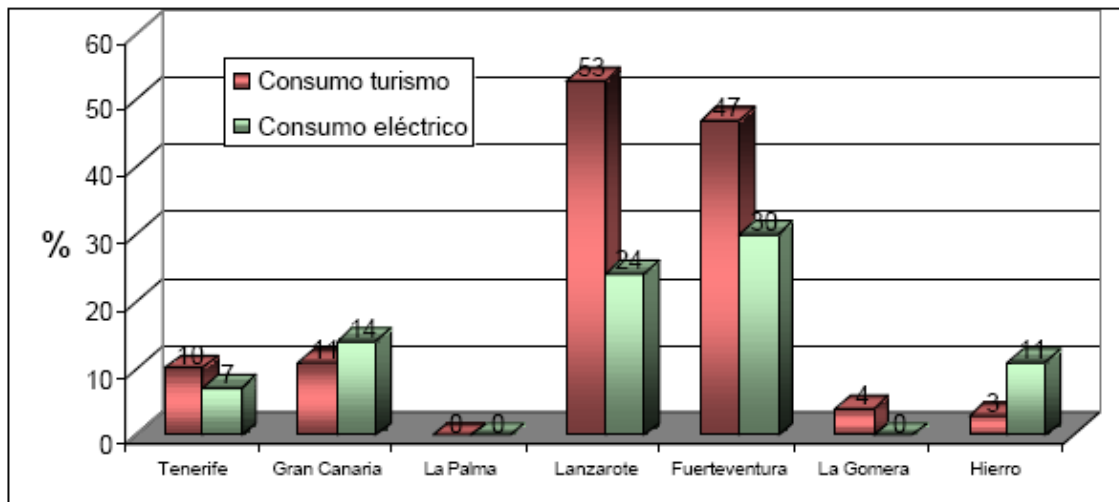


Figura 3.2.6.5. Porcentaje de consumo eléctrico debido a la desalación y porcentaje de consumo de agua turístico respecto del total en las islas del archipiélago canario.

Fuente: Hernández (2000).

Otro punto interesante a considerar de las Islas Canarias es el consumo energético derivado de la desalación en unas islas sin conexión de red eléctrica entre ellas ni con el continente (deben ser autosuficientes). En islas como Lanzarote, con un 50% de consumo hídrico debido al turismo, dicho gasto eléctrico supone el 25% del total, y en el caso de Fuerteventura llega hasta el 30%. La Figura anterior muestra el tanto por ciento de consumo eléctrico (una parte importante de ella es energía renovable) en las islas del archipiélago, así como el porcentaje de consumo debido a las instalaciones hoteleras y apartamentos de sus playas.

El segundo caso digno de mencionar es la Comunidad Autónoma Murciana, comunidad estructuralmente deficitaria (en 460 hm<sup>3</sup> anuales según el PHN) debido al consumo agrícola derivado de sus explotaciones de regadío intensivo. La sobreexplotación de los acuíferos para el regadío los ha convertido en aguas salobres de difícil uso agrícola, con lo que ha sido necesario instalar gran cantidad de pequeñas desaladoras de agua salobre de mínimo mantenimiento y gestión de los propios agricultores.

La oferta de agua desalada de agua de mar se concentra en grandes instalaciones en poblaciones costeras (Mazarrón, Cartagena) (Cánovas, 2000). Resumiendo, existen en la actualidad o están próximas a su funcionamiento un total de 90 estaciones, con una capacidad total de 149.000 m<sup>3</sup>/día y una reducción anual total de 40 hm<sup>3</sup>, con más o menos igual cuota de participación en cuanto al origen de las aguas (marinas o salobres).

Las siguientes tablas (se distinguen aguas marinas y salobres) muestran la localización y tecnología utilizada de las plantas españolas con una capacidad superior a 3.000 m<sup>3</sup>/día, aunque como hemos dicho anteriormente la ósmosis inversa es predominante en nuestro ámbito. Debe añadirse que la ampliabilidad de estas plantas, si son de OI, es muy fácil, por lo que en la

actualidad muchas de ellas probablemente tienen mayor capacidad de la expuesta en la tabla.

| Nombre             | Inauguración | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|--------------------|--------------|---------------------------------|---------|
| Las Palmas I       | 1970         | 30.000                          | MED     |
| Las Palmas II      | 1980         | 18.000                          | MSF     |
| Lanzarote II       | 1987         | 7.500                           | OI      |
| Juliano Bonny      | 1988         | 4.000                           | OI      |
| Las Palmas III     | 1989         | 36.000                          | OI      |
| Galdar-Agaete      | 1989         | 3.500                           | OI      |
| Aragua             | 1991         | 10.000                          | OI      |
| Inalsa I           | 1990         | 7.500                           | OI      |
| Elmasa II          | 1990         | 7.500                           | OI      |
| Lanzarote III      | 1991         | 20.000                          | OI      |
| Fuerteventura III  | 1991         | 4.000                           | OI      |
| Ibiza I            | 1991         | 9.000                           | OI      |
| Sureste I          | 1993         | 10.000                          | OI      |
| Arucas-Moya I      | 1995         | 4.000                           | OI      |
| Ibiza II           | 1996         | 10.000                          | OI      |
| Puerto del Rosario | 1996         | 7.000                           | OI      |
| Elmasa III         | 1996         | 7.500                           | OI      |
| Marbella           | 1997         | 56.000                          | OI      |
| Ceuta              | 1997         | 16.000                          | OI      |
| Adeje-Arona        | 1997         | 10.000                          | OI      |
| Emaya              | 1997         | 4.800                           | OI      |
| Bahía de Palma     | 1999         | 47.000                          | OI      |
| Tenerife           | 1999         | 24.000                          | OI      |
| Sureste II         | 1999         | 15.000                          | OI      |

Tabla 3.2.6.2. Instalaciones actuales desaladoras de agua marina de más de 3.000 m<sup>3</sup>/día.

Fuente: Fariñas (1999), Torres (1999).

| Nombre             | Inauguración | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso |
|--------------------|--------------|---------------------------------|---------|
| Courtaulds         | 1974         | 5.000                           | OI      |
| Enfersa            | 1983         | 3.600                           | OI      |
| Maspalomas         | 1987         | 10.000                          | EDR     |
| Denia              | 1991         | 16.000                          | OI      |
| Hernández Zamora   | 1991         | 3.400                           | OI      |
| Seat Martorell     | 1992         | 10.500                          | OI      |
| Gesturcal          | 1992         | 4.000                           | OI      |
| Repsol Tarragona   | 1993         | 14.400                          | OI      |
| Repsol Cartagena   | 1993         | 7.200                           | OI      |
| Cruzcampo          | 1993         | 3.800                           | OI      |
| Son Tugores        | 1995         | 35.000                          | OI      |
| Bajo Almanzora     | 1996         | 30.000                          | OI      |
| Mazarrón           | 1996         | 9.000                           | OI      |
| Aguadulce          | 1996         | 3.100                           | OI      |
| C. R. Jacarilla    | 1997         | 9.000                           | OI      |
| G. E. Plastics     | 1997         | 7.200                           | OI      |
| C. R. Sto. Domingo | 1997         | 6.930                           | OI      |
| Félix Santiago     | 1997         | 3.100                           | OI      |
| Campo de Dalías    | 1997         | 12.000                          | OI      |
| Moncófar           | 1999         | 4.000                           | OI      |

Tabla 3.2.6.3. Instalaciones actuales desaladoras de agua salobre de más de 3.000 m<sup>3</sup>/día.

Fuente: Fariñas (1999).

La instalación de nuevas plantas desaladoras en todo la geografía española con déficit hídrico es un hecho que se produce a menudo. En la siguiente tabla se muestran algunos de los principales proyectos para un futuro no muy lejano, en el que destaca la Planta de Carboneras, que es con mucho la de mayor capacidad instalada en nuestro país.

| Nombre         | Capacidad (m <sup>3</sup> /día) | Proceso | Agua    |
|----------------|---------------------------------|---------|---------|
| Alicante       | 50.000                          | OI      | Mar     |
| Almería        | 50.000                          | OI      | Mar     |
| Arucas-Moya II | 6.000                           | OI      | Mar     |
| Cádiz          | 40.000                          | OI      | Mar     |
| Carboneras     | 120.000                         | OI      | Mar     |
| Cartagena      | 65.000                          | OI      | Mar     |
| Las Palmas     | 35.000                          | MED     | Mar     |
| Sevilla        | 40.000                          | OI      | Salobre |

Tabla 3.2.6.4. Nuevas plantas desaladoras previstas de ejecución inminente.

Fuente: Wangnick (2000).

### 3.2.7. Resumen

En resumen, la instalación de estaciones desaladoras en España se plantea como solución en áreas localizadas (hasta ahora la capacidad instalada en la mayoría de ellas no es muy grande), cosa que no ocurre en otras zonas de alto déficit estructural como Oriente Medio, donde se instalan grandes plantas en zonas aisladas de los asentamientos urbanos y se construyen grandes tuberías para su transporte.

España es el país europeo más puntero en tecnologías de desalación por ósmosis inversa (de ello su masiva implantación en nuestro país), pero no en tecnologías evaporativas, donde grandes compañías alemanas e italianas, junto con las de Extremo Oriente copan el mercado en Oriente Medio.



#### 4. MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO.

##### 4.1. Materias primas.

Las materias primas en todo proceso químico son el factor fundamental y primero que condiciona el tipo y características del proceso. En nuestro caso solo hay una materia prima, el agua de mar. El agua de mar es una mezcla de 96,5% de agua pura y 3,5% de otros materiales, tales como sales, gases disueltos, sustancias orgánicas y partículas sin disolver. En nuestro caso como reflejamos en el apartado “objeto y justificación del proyecto”, nuestro agua bruta tendrá un contenido en sales de 3,6% o lo que es lo mismo 36.000 ppm de TDS. Idealmente, la salinidad debe ser la suma de todas las sales disueltas en gramos por el kilogramo de agua de mar. En la siguiente tabla se exponen de forma general los constituyentes y su proporción en el agua de mar:

| DATOS AGUA ALIMENTACIÓN |                               |        |       |
|-------------------------|-------------------------------|--------|-------|
| Constituyentes          |                               | ppm    | Pmi   |
| Calcio                  | Ca <sup>2+</sup>              | 410    | 40,08 |
| Magnesio                | Mg <sup>2+</sup>              | 1.540  | 24,32 |
| Sodio                   | Na <sup>+</sup>               | 10.760 | 23,00 |
| Potasio                 | K <sup>+</sup>                | 390    | 39,10 |
| Carbonato               | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 3      | 60,00 |
| Bicarbonato             | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 158    | 60,98 |
| Sulfatos                | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 3.300  | 95,66 |
| Cloruro                 | Cl <sup>-</sup>               | 19.350 | 35,45 |
| Fluoruro                | F <sup>-</sup>                | 1      | 18,99 |
| Sílice                  | SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0,1    | 59,88 |
| Estroncio               | Sr <sup>2+</sup>              | 8      | 87,62 |
| Hierro                  | Fe <sup>2+</sup>              | 0,003  | 55,84 |

Tabla 4.1.1. Constituyentes y concentración del agua de mar alimentada.

De la tabla se desprende un contenido en sales total de 35.920,103 ppm que un valor aproximado a los 36.000 ppm marcados en el proyecto como dato inicial del contenido en sales de nuestra agua de alimentación.

En la práctica, esto es difícil de medir, lo que llevo a primeros del siglo pasado a expresar la salinidad como el contenido de cloruro. En la actualidad se determina la salinidad a partir de medidas de conductividad, temperatura y presión, esto es lo que se llamo “Escala Práctica de Salinidad”, que define la salinidad en términos de una razón o cociente de conductividades.

La conductividad del agua de mar depende del número de iones disueltos por unidad de volumen (es decir la salinidad) y de la movilidad de los iones (es decir de la temperatura y presión). Sus unidades son mS/cm (mili-Siemens por centímetro).

La conductividad aumenta en la misma cantidad con un aumento de la salinidad de 0,01, un aumento de la temperatura de 0,01°C, y un aumento de la profundidad (es decir, presión) de 20 m. En la mayoría de las aplicaciones oceanográficas prácticas el cambio de la conductividad esta dominado por la temperatura.

Otro factor importante y que también esta relacionado con el contenido en sales del agua de mar es la dureza. La dureza del agua es causada por ciertas sales. Los iones principalmente causantes de la dureza son los de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Estos iones o minerales son los causantes de las formaciones sólidas que producen las obstrucciones en las tuberías y el equipo de agua de proceso.

No podemos olvidar una de las características particulares que presenta el agua de mar y que tienen importancia para este proyecto es la Alcalinidad. El agua de mar tiene un grado de acidez (pH) que fluctúa entre un valor de 7.6 y 8.4, lo que le confiere cierta propiedad alcalina.

## 4.2. Producto.

La calidad del agua requerida depende claramente de su uso. Así, para ciertos procesos industriales aguas de hasta 5.000 ppm pueden usarse pero en otros como centrales eléctricas el límite máximo es ínfimo. En la agricultura, algunos cultivos toleran hasta las 2.000 ppm, aunque ello depende de la tierra, clima, composición del agua salobre, método de riego y fertilizantes aplicados.

El destino de nuestra agua producto será el consumo humano por lo tanto sus características y cualidades estarán regidas por la normativa vigente española referida a la calidad de las aguas requeridas, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y el Real Decreto 1138/1990 de 14 de Septiembre por el que se adapta a la legislación española la Directiva Europea 80/778/CEE de 15 de Julio de 1980 sobre la misma materia. En él se definen las características de un agua potable, con las concentraciones máximas que no pueden ser rebasadas y además fija unos niveles guía deseables para el agua potable. El decreto divide los parámetros en:

- ❖ Organolépticos.
- ❖ Físico-químicos.
- ❖ Sustancias no deseables.
- ❖ Sustancias tóxicas.
- ❖ Microbiológicos.
- ❖ Radiactividad

Los valores establecidos en el Real Decreto para los parámetros están reflejados en el apartado B.1 del Anexo B: Datos Técnicos.

El decreto menciona que las Comunidades Autónomas podrán fijar excepciones siempre que no entrañen un riesgo para la salud pública. El apartado específico por aguas ablandadas o desaladas se fija en tres parámetros:

- ❖ pH: debe estar equilibrado para que el agua no sea agresiva.
- ❖ Alcalinidad: debe tener al menos 30 mg/l de  $\text{HCO}_3^-$ .
- ❖ Dureza: debe tener al menos 60 mg/l de  $\text{Ca}^{2+}$ , que implica un acondicionamiento químico del agua producto desalada.

Posteriormente, la Directiva Europea 98/83/CEE de 3 de Noviembre establece unos nuevos requisitos mínimos a cumplir a partir de dos años después de su edición. Incluye una serie de parámetros divididos en tres partes:

- ❖ Microbiológicos.
- ❖ Químicos.
- ❖ Indicadores (valores guía).

Finalmente, existe una propuesta del EUREAU sobre el reglamento Técnico Sanitario para suprimir los niveles guía, revisar las concentraciones máximas admisibles del sodio, sulfatos y nitritos, basándose en estudios científico-sanitarios. También pide reconsiderar la inclusión de un nivel fijo para el calcio y el potasio, y una concentración máxima para los nitritos.

La tabla 4.2.1 recoge una comparativa de los parámetros más significativos del agua según las distintas normativas antes mencionadas y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

| PARÁMETRO  | 80/778/CEE   | 98/83/CEE        | OMS (guía)   |
|--|--------------|------------------|--------------|
| Cloruros (máximo como ión)                             | 200 (*)      | 250              | 250          |
| Sulfatos (máximo como ión)                             | 250          | 250              | 400          |
| Nitratos (máximo como ión)                             | 50           |                  |              |
| Alcalinidad<br>(máximo como mg/l de HCO <sub>3</sub> ) | 30           | 30               |              |
| Sodio (máximo como ión)                                | 175 (150)    | 200              | 200          |
| Magnesio (máximo como ión)                             | 50           | -                |              |
| Dureza total<br>(min. como mg/l Ca <sup>++</sup> )     | 60           | -                | 200          |
| <b>TDS (ppm)</b>                                       | <b>1.500</b> | <b>1.500</b>     | <b>1.000</b> |
| pH   | 6,5 a 8,5    | 6,5 a 9,5        | 6,5 a 8,5    |
| Otros  |              | Agua no agresiva |              |

Tabla 4.2.1. Comparativa de parámetros más significativos del agua según normas o estándares

actuales. \* Valor solo recomendado.

Fuente: Rueda, Zorrilla, Bernaola y Hervás (2000).

El permeado de la ósmosis inversa ha de ser sometido a un proceso de post-tratamiento al objeto de que el agua producida cumpla con la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público.

Tendremos que actuar sobre el valor de la dureza del agua producto para alcanzar valores por encima de los 60 mg/l de Ca<sup>2+</sup> indicados en la norma. La práctica más habitual es su mezcla con aguas superficiales con alto contenido de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. Nosotros dosificaremos sales cálcicas, aunque supongan un incremento de Cl<sup>-</sup> o SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en el agua de abastecimiento.

También tendremos que corregir el pH y su alcalinidad expresada como mg/l de HCO<sub>3</sub>, si fuera necesario.

## 5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

### 5.1. Proceso de desalación.

Ya desde hace casi un siglo, se obtiene en los navíos agua dulce por destilación del agua del mar. Pero ha sido en los últimos decenios cuando las técnicas para la obtención a gran escala de agua dulce han evolucionado, hasta el punto de que actualmente existen en funcionamiento numerosas plantas de desalación.

Los procedimientos de desalación de aguas salobres van desde el tradicional de ebullición y posterior condensación, hasta los más recientes de electrodiálisis y ósmosis inversa, pasando por otros como la congelación y la evaporación por disminución de presión.

#### 5.1.1. Tipos de procesos de desalación.

Atendiendo al tipo de separación y energía que interviene en el proceso, los principales procesos de desalación que existen en la actualidad son los reflejados en el cuadro siguiente:

| Separacion    | Energia   | Proceso                  | Metodo                     |
|---------------|-----------|--------------------------|----------------------------|
| Agua de sales | Termica   | Evaporacion              | Destilacion subita (Flash) |
|               |           |                          | Detilacion multiefecto     |
|               |           |                          | Termocompresion de vapor   |
|               |           |                          | Destilacion solar          |
|               |           | Cristalizacion           | Congelacion                |
|               |           |                          | Formacion de hidratos      |
|               |           | Filtracion y evaporacion | Destilacion con membranas  |
|               | Mecanica  | Evaporacion              | Compresion mecanica vapor  |
|               |           | Filtracion               | Osmosis Inversa            |
| Sales de agua | Electrica | Filtracion selectiva     | Electrodialisis            |

Tabla 5.1.1.1. Tipos de procesos de desalación.

### 5.1.1.1. Destilación súbita por efecto flash (MSF).

La desalación obtenida por destilación consiste en evaporar agua para conseguir vapor que no contiene sales (éstas son volátiles a partir de 300° C): el vapor se condensa posteriormente en el interior ó exterior de los tubos de la instalación. Los sistemas desaladores suelen funcionar por debajo de la presión atmosférica, por lo que necesitan un sistema de vacío (bombas ó eyectores), además de extracción del aire y gases no condensables. La utilización de una cámara flash permite una evaporación súbita (y por lo tanto de carácter irreversible) previa a su posterior condensación. La figura siguiente muestra el esquema típico de una planta de evaporación súbita por efecto flash (Multi Stage Flash Distillation, MSF).

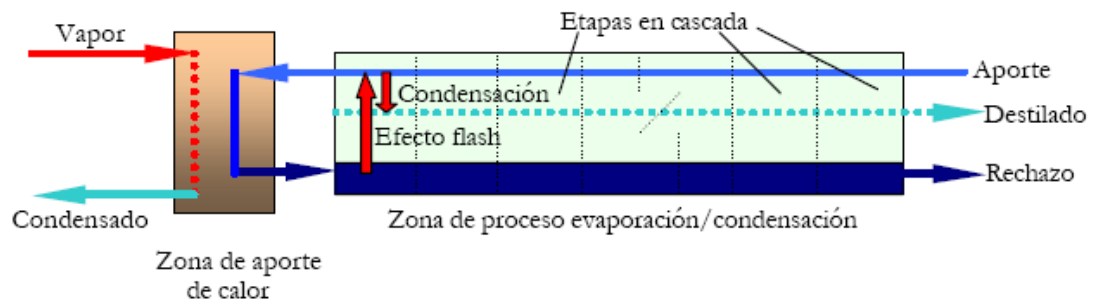


Figura 5.1.1.1.1. Esquema de una planta de evaporación súbita por efecto flash.

Generalmente, la cámara flash se sitúa en la parte baja de un condensador de dicho vapor generado en la cámara inferior. Por lo tanto, la recuperación de calor necesario para la evaporación se obtiene gracias a la unión sucesiva de etapas en cascada a diferente presión, y es necesario el aporte mínimo de la condensación de un vapor de baja o media calidad proveniente de una planta de generación eléctrica. Este es el proceso evaporativo más ampliamente utilizado en el mundo, de implantación masiva sobre todo en Oriente Medio. Ello se debe a varias razones:

- ❖ Es especialmente válido cuando la calidad del agua bruta no es buena (alta salinidad, temperatura y contaminación del agua aportada).
- ❖ Su acoplamiento con plantas de potencia para formar sistemas de cogeneración es muy fácil y permite una gran variabilidad de rangos de operación en ambas instalaciones.

Su robustez en la operación diaria frente a otros procesos de destilación es notoria. La capacidad de las plantas MSF es mucho mayor que otras plantas destiladoras en virtud a la cantidad de etapas conectadas en cascada sin problemas de operación.

Sin embargo, las plantas MSF tienen un grave inconveniente. Su consumo específico, definido como la cantidad de energía consumida para producir 1 m<sup>3</sup> de agua desalada, es de los más altos de los procesos estudiados. A este consumo contribuyen el consumo térmico proveniente de la Planta productora de electricidad, más alto que otros procesos de destilación debido al efecto flash; y el consumo eléctrico debido al gran número de bombas necesarias para la circulación de los flujos de planta. Además de su alto coste de operación, su coste de instalación no es más bajo que otros procesos de desalación.

#### 5.1.1.2. Destilación por múltiple efecto (MED).

Al contrario que en el proceso MSF por efecto flash, en la destilación por múltiple efecto (MED) la evaporación se produce de forma natural en una cara de los tubos de un intercambiador aprovechando el calor latente desprendido por la condensación del vapor en la otra cara del mismo. Una planta MED (Multi-Effect Distillation) tiene varias etapas conectadas en serie a diferentes presiones de operación, dichos efectos sucesivos tienen cada vez un punto de ebullición más bajo por los efectos de dicha presión. Esto permite que el agua



de alimentación experimente múltiples ebulliciones, en los sucesivos efectos, sin necesidad de recurrir a calor adicional a partir del primer efecto.

El agua salada se transfiere luego al efecto siguiente para sufrir una evaporación y el ciclo se repite, utilizando el vapor generado en cada efecto. Normalmente también existen cámaras flash para evaporar una porción del agua salada que pasa al siguiente efecto, gracias a su menor presión de operación. La primera etapa se nutre de vapor externo de un sistema recuperativo, una turbina de contrapresión (ó extracción de una de condensación). Un condensador final recoge el agua dulce en la última etapa precalentando el agua de aportación al sistema.

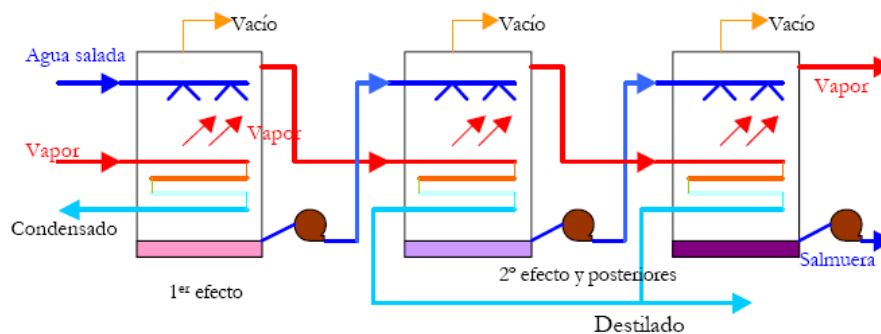


Figura 5.1.1.2.1. Destilación múltiple efecto (MED) con evaporadores horizontales.

Por lo tanto las plantas MED también conforman sistemas de cogeneración al igual que las MSF consumiendo una porción de energía destinada a la producción eléctrica. La destilación por múltiple efecto no es un proceso solamente utilizado para la desalación. La capacidad de este tipo de plantas suele ser más reducida que las MSF (nunca suele superar los 15.000 m<sup>3</sup>/día) aunque ello se debe mas a razones de índole política que operativa: las MSF más grandes se instalan en Oriente Medio y las mayores MED están instaladas en las islas del Caribe para abastecer de agua estas zonas de gran presión turística. También es verdad que el número máximo de efectos conectados en serie raramente es mayor de 15, a excepción de las MED con

múltiples efectos integrados en cada uno de ellos, llegando en este caso a un número total de más de 50.

Sin embargo, tienen un mejor rendimiento global con respecto a una MSF: el ratio de ganancia en los destiladores de este tipo de plantas puede llegar a 15 sin ningún problema, reduciendo por lo tanto el consumo específico de este proceso respecto de una planta MSF con idénticas capacidades. Ello se debe principalmente a la irreversibilidad asociada al proceso de separación flash que aparece en los procesos MSF. Además el consumo eléctrico es menor que la MSF ya que necesita menos bombas de circulación al no existir recirculación de salmuera.

#### 5.1.1.3. Compresión térmica de vapor (TVC)

La compresión térmica de vapor (TVC, Thermal Vapor Compression) obtiene el agua destilada con el mismo proceso que una destilación por múltiple efecto (MED), pero utiliza una fuente de energía térmica diferente: son los llamados compresores térmicos (o termocompresores), que consumen vapor de media presión proveniente de la planta de producción eléctrica (si tenemos una planta dual, sino sería de un vapor de proceso obtenido expresamente para ello) y que succiona parte del vapor generado en la última etapa a muy baja presión, comprimiéndose y dando lugar a un vapor de presión intermedia a las anteriores adecuado para aportarse a la 1ª etapa, que es la única que consume energía en el proceso.

El rendimiento de este tipo de plantas es similar a las de las plantas MED, sin embargo su capacidad desaladora puede ser mucho mayor al permitirse una mayor adaptabilidad de toma de vapor de las plantas productoras del mismo. Muchas veces se las considera el mismo proceso, pero aquí se han tratado por

separado ya que el consumo de energía de la planta se realiza por un equipo diferente.

El esquema típico del termocompresor acoplado a una planta TVC sería el reflejado en la figura siguiente:

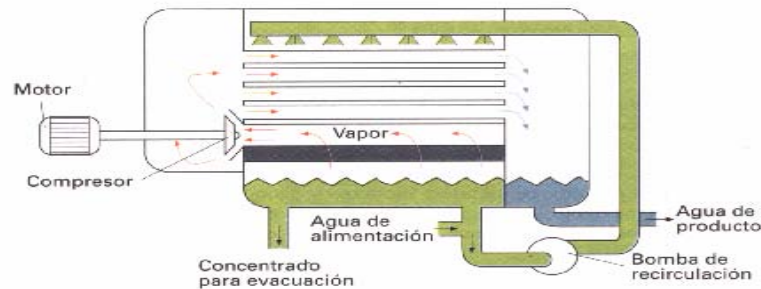


Figura 5.1.1.3.1: Esquema tipo de termocompresor de plata TVC

#### 5.1.1.4. Destilación solar.

La energía solar es el método ideal para producir agua en zonas áridas y muy aisladas del resto de poblaciones. A pesar de tener un coste energético nulo y escasa inversión necesaria, su baja rentabilidad reside en su escasa producción por metro cuadrado de colector al destilarse tan sólo unos litros al día en el caso de condiciones climatológicas favorables. Por lo tanto no se han desarrollado a gran escala en lugares con un consumo elevado de agua dulce. El principio básico es el del efecto invernadero: el sol calienta una cámara de aire a través de un cristal transparente, en cuyo fondo tenemos agua salada en reposo.

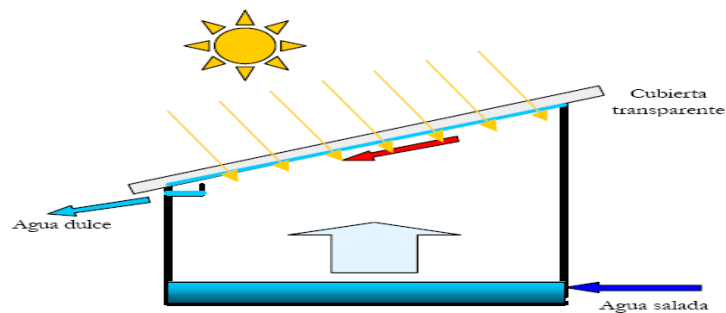


Figura 5.1.1.4.1. Esquema de un colector solar para destilación.

Dependiendo de la radiación solar y otros factores como la velocidad del viento (que enfría el vidrio exterior), una fracción de esta agua salada se evapora y se condensa en la cara interior del vidrio. Como dicho vidrio está colocado inclinado, las gotas caen en un canal que va recogiendo dicho condensado evitando que vuelvan a caer en el proceso de condensación a la lámina inferior de salmuera. Aunque pueden utilizarse técnicas de concentración de los rayos solares apoyándose en lentes ó espejos (parabólicos ó lisos), no suelen compensar las mayores pérdidas de calor que ello acarrea y su mayor coste económico

#### 5.1.1.5. Congelación.

Este proceso consiste en congelar el agua y recoger los cristales de agua pura formados para fundirlos y obtener un agua dulce independientemente de la concentración del agua inicial. Aunque pueda parecer un proceso muy sencillo tiene problemas de adaptación para su implantación a escala industrial, ya que el aislamiento térmico para mantener el frío y los mecanismos para la separación de los cristales de hielo deben mejorarse, así como adaptar la tecnología a intercambiadores de frío.

El proceso de congelación es un fenómeno natural que se contempla con mucha facilidad en nuestro Planeta, alrededor del 70% del agua dulce está contenida en los polos terrestres. La utilización de hielo de los polos para el consumo humano es muy poco conveniente para la conservación del equilibrio térmico del Planeta.

#### 5.1.1.6. Formación de hidratos.

Es otro método basado en el principio de la cristalización, que consiste en obtener, mediante la adición de hidrocarburos a la solución salina, unos

hidratos complejos en forma cristalina, con una relación molécula de hidrocarburo/molécula de agua del orden de 1/18. Al igual que el anterior proceso, su rendimiento energético es mayor que los de destilación, pero conlleva una gran dificultad tecnológica a resolver en cuanto a la separación y el lavado de los cristales que impiden su aplicación industrial.

#### 5.1.1.7. Destilación por membranas.

Es un proceso combinado de evaporación y filtración. El agua salada bruta se calienta para mejorar la producción de vapor, que se expone a una membrana que permite el paso de vapor pero no del agua (membrana hidrófoba). Después de atravesar la membrana el vapor se condensa, sobre una superficie más fría, para producir agua desalada. En estado líquido, esta agua no puede retroceder atravesando la membrana por lo que es recogida y conducida hacia la salida.

#### 5.1.1.8. Compresión mecánica de vapor (CV).

En la compresión mecánica de vapor (CV) se evapora un líquido, en este caso el agua salada, en un lado de la superficie de intercambio, y se comprime lo suficiente para que condense en el otro lado y pueda mantenerse el ciclo de destilación de agua salvando las pérdidas del proceso y la elevación de la temperatura de ebullición del agua salada respecto a la pura.

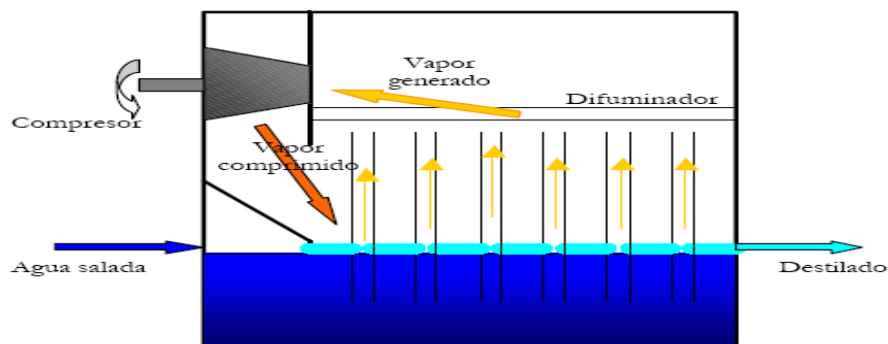


Figura 5.1.1.8.1. Diagrama de la compresión de vapor (CV) con evaporador de tubos verticales

Simplificando todos los elementos auxiliares podemos ver que el vapor interior de los tubos es comprimido a presión atmosférica en torno a 0.2 bares en un compresor volumétrico especial para trasegar vapor. El vapor ligeramente sobrecalentado se condensa en el exterior de los tubos del intercambiador, siendo recogido por una bomba en su parte inferior. Como puede observarse, si el proceso fuera ideal sólo deberíamos vencer la elevación del punto de ebullición del agua salada para mantener el proceso, aunque no es posible realmente; en todo caso el consumo específico de estas instalaciones es el más bajo de los procesos de destilación: normalmente el consumo eléctrico equivalente está sobre los 10 KWh/m<sup>3</sup> (la mitad que una planta MSF).

Aunque su consumo específico es con mucho el menor de las instalaciones de destilación, tiene un gran inconveniente: la inexistencia de compresores volumétricos de vapor de baja presión de tamaño suficiente para una producción considerable. Así no se conocen unidades CV mayores de 5.000 m<sup>3</sup>/día, y estos compresores sólo permiten un máximo de 3 etapas a diferentes presiones conectadas en cascada. Normalmente existen intercambiadores de precalentamiento del agua de aporte con el destilado y la salmuera tirada al mar (como el número de etapas es reducido hay que recuperar la energía de salida de la salmuera), ayudados por una resistencia eléctrica en los arranques, así como todos los dispositivos de tratamiento de agua anteriores y posteriores al proceso de destilación.

#### 5.1.1.9. Ósmosis inversa

La ósmosis es un proceso natural que ocurre en plantas y animales. De forma esquemática se puede decir que cuando dos soluciones con diferentes concentraciones se unen a través de una membrana, existe una circulación natural de la solución menos concentrada para igualar las concentraciones

finales, con lo que la diferencia de altura obtenida se traduce en una diferencia de presión, llamada osmótica.

Sin embargo aplicando una presión externa que sea mayor a la presión osmótica de una disolución respecto de otra, el proceso se puede invertir, haciendo circular agua de la disolución más concentrada y purificando la zona con menor concentración, obteniendo finalmente un agua de pureza admisible, aunque no comparable a la de procesos de destilación. Por eso es altamente recomendable para la filtración de aguas salobres, en las que la sal a rechazar es mucho menor que en aguas marinas. La cantidad de permeado depende de la diferencia de presiones aplicada a la membrana, sus propiedades y la concentración del agua bruta, y la calidad del agua permeada suele estar en torno a los 300–500 ppm de total de sólidos disueltos, cifra un orden de magnitud mayor al agua obtenida en un proceso de evaporación.

Una membrana para realizar osmosis inversa debe resistir presiones mucho mayores a la diferencia de presiones osmóticas de ambas soluciones. Por ejemplo un agua bruta de 35.000 ppm de total de sólidos disueltos a 25°C tiene una presión osmótica de alrededor de 25 bar, pero son necesarios 70 bar para obtener permeado). Además deber ser permeable al agua para permitir el flujo y rechazar un porcentaje elevado de sales. Sin embargo no se puede considerar la OI como un proceso de filtración normal, ya que la dirección de flujo del agua bruta es paralela y no perpendicular como un caso cualquiera de filtración. Ello implica que tan sólo una parte del agua bruta de alimentación pasa realmente a través de la membrana (un proceso de filtración lo haría en su totalidad), y que no se acumulen sales en la membrana al arrastrarse por el agua bruta que no pasa por la membrana.

El proceso de ósmosis inversa es tan simple que a priori solo son necesarias las membranas que filtren el contenido salino y el equipo presurizador. Pero una planta de OI es mucho más compleja que una

agrupación de módulos y una o varias bombas, por ejemplo las membranas se ensucian muy fácilmente con la operación continuada y necesita un pretatamiento intensivo (mucho mayor que en los procesos de destilación).

#### 5.1.1.10. Electrodiálisis (ED).

Este proceso permite la desmineralización de aguas salobres haciendo que los iones de diferente signo se muevan hacia zonas diferentes aplicando campos eléctricos con diferencias de potencial aplicados sobre electrodos, y utilizando membranas selectivas que permitan sólo el paso de los iones en una solución electrolítica como es el agua salada. Los iones van a los compartimentos atraídos por los electrodos del signo contrario, dejando en cubas paralelas el agua pura y en el resto el agua salada más concentrada.

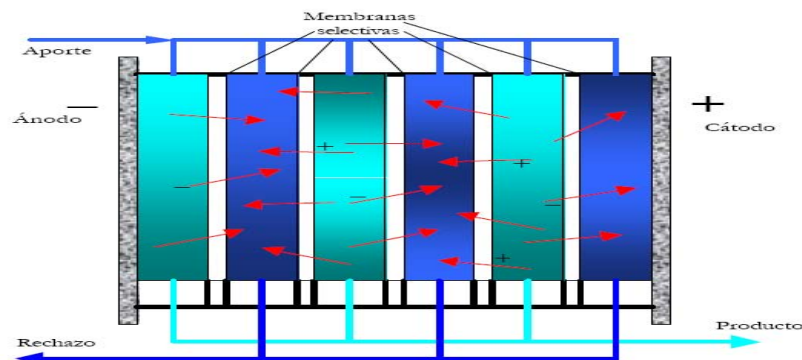


Figura 5.1.1.10.1. Proceso de electrodiálisis.

Es un proceso que sólo puede separar sustancias que están ionizadas y por lo tanto su utilidad y rentabilidad está sólo especialmente indicada en el tratamiento de aguas salobres ó reutilización de aguas residuales, con un consumo específico y de mantenimiento comparable en muchos casos a la ósmosis inversa. En algunas ocasiones, la polaridad de los ánodos y cátodos se invierte alternativamente para evitar el ensuciamiento de las membranas selectivas al paso de dichos iones. En este caso se habla de electrodiálisis reversible (EDR).



#### 5.1.1.11. Intercambio iónico

Las resinas de intercambio iónico son sustancias insolubles, que cuentan con la propiedad de que intercambian iones con la sal disuelta si se ponen en contacto. Hay dos tipos de resinas: aniónicas que sustituyen aniones del agua por iones OH<sup>-</sup> (permutación básica), y resinas catiónicas que sustituyen cationes por iones H<sup>+</sup> (permutación ácida). La desmineralización por intercambio iónico proporciona agua de gran calidad si la concentración de sal es menor de 1 gr/l. Por lo tanto se utiliza para acondicionar agua para calderas a partir de vapores recogidos o acuíferos, o en procesos industriales con tratamiento de afino. Las resinas normalmente necesitan regeneración con agentes químicos para sustituir los iones originales y los fijados en la resina, y terminan por agotarse. Su cambio implica un coste difícilmente asumible para aguas de mar y aguas salobres.

#### 5.1.2. Selección del proceso de desalación.

Para seleccionar el proceso más favorable haremos un análisis comparativo entre los procesos antes referidos que son tecnológicamente viables a escala industrial. La comparación será sobre los factores fundamentales en la desalación. La siguiente tabla es un resumen de estos parámetros:

| Característica                              | MSF            | MED-TVC              | CV              | OI              | ED              |
|---|----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tipo energía                                | térmica        | térmica              | eléctrica       | eléctrica       | eléctrica       |
| Consumo energético primario (kJ/kg)         | alto (>200)    | alto/medio (150-200) | medio (100-150) | bajo (<80)      | bajo (<30)      |
| Coste instalaciones                         | alto           | alto/medio           | alto            | medio           | medio           |
| Capacidad producción (m <sup>3</sup> /día)  | alta (>50.000) | media (< 20.000)     | baja (<5.000)   | alta (>50.000)  | media (<30.000) |
| Posibilidad ampliación                      | difícil        | difícil              | difícil         | fácil           | fácil           |
| Fiabilidad de operación                     | alta           | media                | baja            | alta            | alta            |
| Desalación agua de mar                      | sí             | sí                   | sí              | sí              | no              |
| Calidad agua desalada (ppm)                 | alta (< 50)    | alta (< 50)          | alta (< 50)     | media (300-500) | media (<300)    |
| Superficie terreno requerida de instalación | mucha          | media                | poca            | poca            | poca            |

Tabla 5.1.2.1. Características de los procesos de desalación.

La calidad del agua es menor en la obtenida por ósmosis inversa, sin embargo es apta para el consumo humano tan sólo con un pequeño postratamiento en algunos casos. El pretratamiento es necesario para el adecuado funcionamiento de la Estación Desaladora.

| Denominación del agua | Salinidad (ppm de TDS) |
|-----------------------|------------------------|
| Ultrapura             | 0,03                   |
| Pura (calderas)       | 0,3                    |
| Desionizada           | 3                      |
| Dulce (potable)       | < 1.000                |
| Salobre               | 1.000-10.000           |
| Salina                | 10.000-30.000          |
| Marina                | 30.000-50.000          |
| Salmuera              | >50.000                |

Tabla 5.1.2.2. Salinidades

En el caso de aguas para uso agrícola o industrial, es necesario estudiar de forma individualizada cada caso. En la mayoría de ellos, los requerimientos mínimos siempre van a ser menores que el del agua potable, con lo que cualquier método desalador cumple holgadamente dichos requerimientos.

Teniendo en cuenta que nuestra estación desaladora se abastecerá de agua de mar no podremos aplicar la electrodiálisis, pues no es aplicable ya que sólo puede separar sustancias que están ionizadas por lo tanto esta tecnología queda excluida.

Otro factor fundamental de la Instalación Desaladora que vamos a diseñar es su capacidad de producción, que hemos fijado debe cubrir 15000 m<sup>3</sup>/día, por tanto procesos que no son capaces de suministrar tal volumen de agua producto, como es el caso de la compresión mecánica a vapor (CV), también deben ser descartados.

En los cuatro parámetros que nos quedan por analizar el proceso de ósmosis inversa es el mejor colocado. En el coste de instalaciones tiene el menor junto a MED-TVC, al que supera en fiabilidad de operación, siendo solo equiparable con MSF. Además en la superficie requerida para las instalaciones y en el consumo energético primario es la más favorable.

Queda claro a la vista del análisis que la ósmosis inversa en conjunto es la tecnología más favorable para la obtención de agua dulce en España. Por tanto nuestra planta estará basada en dicha tecnología.

## **5.2. Selección de la membrana de ósmosis inversa.**

### **5.2.1. Clasificación de membranas de ósmosis inversa.**

Existen una serie de parámetros en función de los cuales podemos realizar la siguiente clasificación:

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Estructura          | Simétricas              |
|                     | Asimétricas             |
| Naturaleza          | Integrales              |
|                     | Compuestas de capa fina |
| Forma               | Planas                  |
|                     | Tubulares               |
|                     | Fibra hueca             |
| Composición química | Orgánicas               |
|                     | Inorgánicas             |
| Carga superficial   | Neutras                 |
|                     | Catiónicas              |
|                     | Aniónicas               |

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Morfología de la superficie | Lisas               |
|                             | Rugosas             |
| Presión de trabajo          | De muy baja presión |
|                             | De baja presión     |
|                             | De media presión    |
|                             | De alta presión     |
| Técnica de fabricación      | De máquina          |
|                             | Dinámicas           |

Tabla 5.2.1.1. Tipos de membranas de ósmosis inversa.

#### 5.2.1.1. Según su estructura.

De acuerdo a la estructura que tiene la membrana si damos un corte transversal a la superficie en contacto con la solución a tratar tendremos:

- ❖ Simétricas u homogéneas; Aquellas cuya sección transversal ofrece una estructura porosa uniforme a lo largo de todo su espesor, no existiendo zonas de mayor densidad en una o ambas caras de la membrana. Presentan una elevada permeabilidad al solvente y un bajo rechazo de sales, por lo que se utilizan en otras técnicas pero no son aptas para la ósmosis inversa, a pesar de ser las primeras que se utilizaron.
- ❖ Asimétricas; Este tipo de membrana tiene en su cara de contacto con la solución de aporte una capa extremadamente densa y delgada bajo la cual aparece un lecho poroso. A la capa densa y delgada se le llama capa activa y es la barrera que permite el paso del solvente e impide el paso del soluto. El resto de la membrana solo sirve de soporte a la capa activa, debiendo al mismo tiempo ofrecer la mínima resistencia posible al paso del solvente.

Todas las membranas de ósmosis inversa tienen capa activa y son por lo tanto asimétricas.

### 5.2.1.2. Según su naturaleza.

Las membranas asimétricas de ósmosis inversa pueden ser:

❖ Integrales; este tipo de membrana tiene la característica de ser la capa activa y el lecho poros soporte del mismo polímero. Los dos tienen la misma composición química y entre ellos no hay una clara separación, sino un aumento progresivo de la densidad.

Las membranas de esta naturaleza se fabrican haciendo coagular el polímero de que las forma a partir de una solución del mismo. El mayor inconveniente que tienen es que toda mejora de las características de la capa activa viene acompañada de un empeoramiento de las del lecho poroso y viceversa, al ser ambos del mismo polímero y tener misiones contrapuestas.

❖ Compuestas de capa fina; Las membranas que poseen esta naturaleza están constituidas por tres capas materiales diferentes.

- Capa superior: Capa activa.
- Capa intermedia: lecho poros soporte de la capa activa.
- Capa inferior: Tejido reforzado responsable de la resistencia mecánica de la membrana.

Este tipo de membranas se fabrica al contrario que las integrales en dos etapas, y son la evolución de las anteriores aventajándolas en los siguientes aspectos:

Cada capa puede desarrollarse y optimizarse de forma independiente, adecuando cada una a su trabajo específico. Se puede variar a voluntad el espesor de la capa activa adecuándolo a las necesidades específicas de cada aplicación.

Puede alterarse la porosidad de la capa activa y por tanto su porcentaje de rechazo de sales así como el flujo de permeado, en función de las necesidades.

### 5.2.1.3. Según su forma.

Atendiendo a la forma que posee una vez fabricada podemos distinguir los siguientes tipos:

❖ Planas; como su nombre indica, presentan una cara activa plana. Se fabrican en forma de lámina de papel continuo cortándose posteriormente para adoptar distintas formas geométricas en función de la técnica empleada para su posterior ensamblaje.

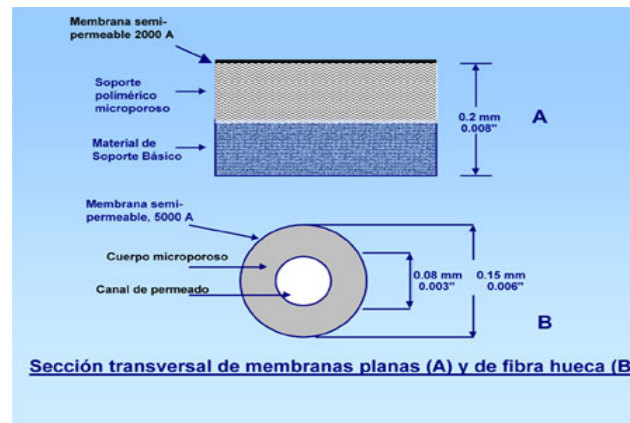


Figura 5.2.1.3.1. Membranas planas y de fibra hueca.

❖ Tubulares; las membranas tubulares se construyen en forma de tubo hueco con un diámetro entre 6 y 25 mm, y de distintas longitudes. La capa activa suele encontrarse en la superficie interior del tubo, puesto que la solución a tratar circula por el interior. El permeado fluye radialmente del interior hacia el exterior. Esta forma mayoritariamente la poseen membranas integrales.

❖ Fibra hueca o capilares; como todas las membranas de ósmosis inversa dispone de una película muy densa en su parte exterior que constituye la capa activa y bajo esta fina película y hacia el centro del tubo se encuentra la estructura porosa que le sirve de soporte. La solución a tratar fluye por el

exterior de la fibra. El permeado circula radialmente desde el exterior hacia el interior, recogiendo en el extremo de la fibra.

Su principal característica es su gran superficie por unidad de volumen, esto hace que se usen con polímeros cuyo caudal de permeado por unidad de superficie sea bajo. Con esta forma solo se fabrican membranas integrales, dada la dificultad técnica que entraña hacer membranas compuestas de capa fina con esta forma.

#### 5.2.1.4. Según su composición química.

Este parámetro nos divide las membranas en dos grupos:

❖ Membranas orgánicas; Así se denominan todas las membranas cuya capa activa está fabricada a partir de un polímero o copolímero orgánicos. Aunque hay multitud de polímeros y copolímeros que pueden usarse para fabricar membranas, muy pocos constituyen membranas aptas para la ósmosis inversa. A continuación enumeramos los que más éxito han tenido junto a las características principales de las membranas formadas por ellos.

- Acetato de celulosa (CA):
  - Alta permeabilidad
  - Elevado porcentaje de rechazo de sales
  - Tolerancia al cloro libre
  - Bajo costo
  - Alta sensibilidad a la hidrólisis
  - Posibilidad de degradación
  - Alto riesgo de disolución de la membrana
  - Aumento del paso de sales con el tiempo
  - Elevadas presiones de trabajo

- Triacetato de celulosa (CTA):
  - El triacetato de celulosa un mejor comportamiento que el acetato de celulosa frente a la hidrólisis, lo que nos permite trabajar en un rango más amplio de pH.
  - Las membranas de CTA tienen los inconvenientes de las obtenidas de CA además del inconveniente de tener un caudal de permeado por unidad de superficie mas bajo.
  - Algunos fabricantes realizan mezclas de acetato, diacetato y triacetato de celulosa dependiendo de las características que quieran obtener.
  
- Poliamidas aromáticas (AP):
  - Alto porcentaje de rechazo de sales.
  - Ausencia de hidrólisis.
  - No biodegradación.
  - Alta estabilidad química.
  - Constancia del paso de sales a lo largo del tiempo.
  - Presiones de trabajo reducidas.
  - Sensibilidad frente a los oxidantes.
  - Fácil ensuciamiento y aparición de desarrollos biológicos.
  - Alto costo.
  
- Poliéter-urea: Las membranas con esta formulación son siempre compuestas de capa fina. Este tipo de membranas contiene un exceso de grupos amina que hace las membranas fuertemente catiónicas.



| Parámetro                             | Celulósicas   | Poliamida |               | Poliéter-<br>urea: |         |
|---------------------------------------|---------------|-----------|---------------|--------------------|---------|
|                                       |               | Lineal    | Entrecruzada  |                    |         |
| Permeabilidad                         | Alta          | Baja      | Alta          | Alta               |         |
| Rechazo de cloruros (%)               | Baja presión  | 75        | 96            | 98                 | 97,5    |
|                                       | Media presión | 95 – 97,5 | 96            | 98,2               | 99      |
|                                       | Alta presión  | 99        | 99,4          | 99,4               | 99,2    |
| Rechazo de nitratos (%)               | 85            | 88 – 94   | 98            | 94                 |         |
| Rechazo de sílice (%)                 | 90 – 93       | 90 – 93   | 98,0          | 95                 |         |
| Presiones de trabajo (bar)            | Baja          | 16        | 16            | 10                 | 16      |
|                                       | Media         | 30        | 30            | 20                 | 25      |
|                                       | Alta          | 60 – 70   | 70 – 84       | 60 – 70            | 56 – 70 |
| Hidrólisis                            | Si            | No        | No            | No                 |         |
| Biodegradabilidad                     | Si            | No        | No            | No                 |         |
| pH de trabajo                         | 4,5 – 6,5     | 4 – 9     | 4 – 11        | 5 – 10             |         |
| Resistencia al cloro libre            | < 1 pmm       | 0 pmm     | 1000 pmm.h    | 0 ppm              |         |
| Resistencia a otros oxidantes fuertes | Moderada      | Mala      | Regular       | Muy mala           |         |
| Carga de la superficie                | Neutra        | Aniónica  | Aniónica      | Catiónica          |         |
| Morfología de la superficie           | Lisa          | Lisa      | Muy irregular | Irregular          |         |
| Riesgo de ensuciamiento               | Bajo          | Medio     | Alto          | Bajo               |         |
| Compactación                          | Alta          | Alta      | Baja          | Baja               |         |
| Temperatura máxima (°C)               | 35            | 40        | 45            | 45                 |         |

Tabla 5.2.1.4.1. Características de las membranas orgánicas.

❖ Membranas inorgánicas; las membranas orgánicas presentan limitaciones importantes que reducen su campo de aplicación: su estabilidad química y resistencia a la temperatura. La búsqueda de soluciones ha hecho aparecer en este campo, materiales inorgánicos. Estos materiales de nueva aplicación los podemos englobar en cuatro grandes grupos:

➤ Cerámicas; dentro de las membranas inorgánicas, hasta ahora éstas han sido las mas investigadas y de los distintos productos cerámicos utilizados en ellas la alúmina ( $Al_2O_3$ ) junto a sus variedades el mas usado.

Tienen el inconveniente de su fragilidad y su escasa resistencia a las vibraciones.

➤ Vidrios; las materias primas para estas membranas son cuarzo, ácido bórico y carbonato sódico, en adecuadas proporciones. Se les suele añadir compuestos para aumentar su resistencia a los álcalis.

Con esta técnica se puede fabricar tanto membranas planas, tubulares o capilares. Al igual que las cerámicas presentan el inconveniente de su fragilidad y su escasa resistencia a las vibraciones.

➤ Fosfacenos; este polímero otorga a las membranas que constituye una gran resistencia a la temperatura en presencia de disolventes o ácidos y bases fuertes.

➤ Carbonos; las membranas fabricadas de carbonos poseen una estructura compuesta. El lecho soporte suele ser de carbono sinterizado y la capa filtrante de óxidos metálicos a base de zirconio. Pueden soportar valores extremos de pH y temperaturas hasta 300°C.

A pesar de las ventajas que conllevan las membranas inorgánicas aun no son aplicables a procesos de ósmosis inversa, además su coste es muy superior al de membranas orgánicas y presentan enorme dificultad para la elaboración de módulos con ellas.

#### 5.2.1.5. Según su carga superficial.

Algunos polímeros orgánicos con los que se fabrican membranas de ósmosis inversa tienen en su estructura molecular un exceso de grupos químicos (aminas, sulfónicos, carboxílicos, etc...), lo que confiere a la superficie activa de estas una cierta naturaleza eléctrica que suele medirse determinando su potencial "Z". Este parámetro da una idea de la carga eléctrica existente por unidad de superficie. La clasificación según el potencial Z es:

- ❖ Neutras; el potencial Z sería nulo, o sea, no presentan carga eléctrica.
- ❖ Catiónicas; el potencial Z es positivo y atendiendo al mayor o menor valor de la carga eléctrica podemos hacer la distinción entre membranas fuertes o débilmente catiónicas.
- ❖ Aniónicas; el potencial Z es negativo y al igual que en las catiónicas podemos hacer una escala desde fuertes a débilmente aniónicas dependiendo del valor de la carga eléctrica.

La naturaleza y magnitud de la carga eléctrica existente sobre la superficie de una membrana tiene mucho que ver tanto con su ensuciamiento como con la aparición y crecimiento de desarrollos biológicos sobre la misma.

#### 5.2.1.6. Según la morfología de su superficie.

Teniendo en cuenta el aspecto que presenta la cara exterior de la capa activa, las membranas pueden ser:

- ❖ Lisas; como su propio nombre indica son aquellas cuya cara exterior de la capa activa es lisa.
- ❖ Rugosas; la cara exterior de la superficie activa es rugosa.

La morfología de la superficie tiene importancia tanto desde el punto de vista del ensuciamiento como del de la limpieza de las membranas. Una superficie rugosa como es lógico, tendrá mayor facilidad para el ensuciamiento y mayor dificultad para la limpieza.

#### 5.2.1.7. Según la presión de trabajo.

La presión de trabajo es el parámetro que define las condiciones de operación de una planta de desalación por ósmosis inversa, realizan un rango de presiones podemos hacer la distinción siguiente:

- ❖ Membranas de muy baja presión; trabajan en un rango de presiones entre 5 y 10 bares. Se utilizan para desalar aguas de muy baja salinidad, entre 500 y 1.500 mg/l, y para fabricar agua ultrapura.
- ❖ Membranas de baja presión; este tipo de membranas trabaja a una presión comprendida entre 10 y 20 bares. Se utilizan para desalar aguas de salinidad media, entre 1.500 y 4.000 mg/l, así como para reducir o eliminar de ella ciertos compuestos como nitratos, pirógenos y sustancias orgánicas entre otros.
- ❖ Membranas de media presión; estas fueron las primeras que se comercializaron. la presión de estas membranas esta comprendida entre 20 y 40 bares. Se usan para aguas de elevada salinidad con rangos entre 4.000 y 10.000 mg/l.
- ❖ Membranas de alta presión; el desarrollo de estas membranas tuvo el objetivo de obtener agua potable a partir de agua de mar. Su presión de trabajo esta comprendida entre 50 y 80 bares.

#### 5.2.2. Selección de membrana.

Según la composición de nuestra agua de aporte expresada en el apartado 4.1 y los tipos de membranas y sus características visto en los apartados anteriores, la membrana seleccionada para nuestro proceso de ósmosis inversa tiene que ser asimétrica pues tiene capa activa. Además será una membrana orgánica, ya que las inorgánicas presentan limitaciones importantes en cuanto a su estabilidad química y resistencia a la temperatura.

El polímero que constituirá la membrana será poliamida aromática ya que sus propiedades son más favorables. Posee mayor rechazo de sales, no

sufre hidrólisis ni biodegradabilidad, mayor temperatura máxima de operación, mayor resistencia a oxidantes y un rango más amplio de pH de trabajo.

Como inconveniente presenta mayor índice de ensuciamiento y la posibilidad de aparición de desarrollos biológicos. Sin embargo estos factores negativos pueden ser minimizados con un buen estudio tanto de los productos de limpieza de la membrana como del propio plan de limpieza.

### **5.3. Configuración de módulos de ósmosis inversa.**

Las membranas se utilizan industrialmente en agrupaciones, esto es lo que se conoce como módulo. Así un módulo es una agrupación de membranas con una configuración determinada que forma la unidad de producción. Los objetivos de estas asociaciones de membranas son:

- ❖ Obtener el máximo rendimiento de las membranas.
- ❖ Conseguir un sistema lo mas compacto posible.
- ❖ Minimizar los fenómenos de polarización de las membranas.
- ❖ Facilitar la sustitución de las membranas deterioradas.
- ❖ Mejorar la limpieza de las membranas sucias.

#### **5.3.1. Tipos de configuraciones de módulos.**

❖ Módulos de placas; esta configuración es la mas antigua, esta formado por un conjunto de membranas, recortadas generalmente en forma rectangular o de disco circular. Se apoyan sobre mallas de drenaje o placas porosas que les sirven de soporte. Las membranas se mantienen separadas entre si por medio de espaciadores cuya anchura es del orden de los dos milímetros.

El módulo se obtiene apilando paquetes formados por espaciador-membrana-placa porosa-membrana. Todo esto se comprime mediante un sistema de espárragos de manera que pueda soportar la presión de trabajo.



Figura 5.3.1.1. Módulos de placas.

❖ Módulos tubulares; el nombre de esta configuración se debe a que los módulos se fabrican a partir de membranas tubulares y tubos perforados o porosos que les sirven de soporte, pudiendo así resistir el gradiente de presiones con que deben trabajar.

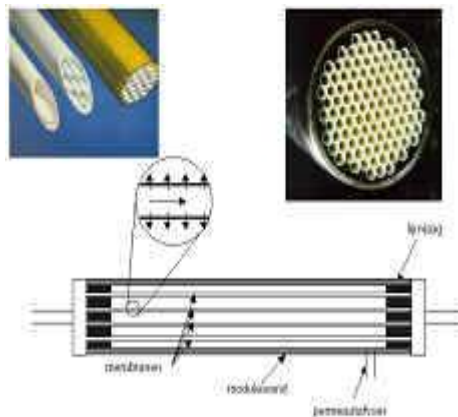


Figura 5.3.1.2. Módulo tubular.

❖ Módulos espirales; esta configuración recibe el nombre debido a que esta formada por membranas planas enrolladas en espiral alrededor de un tubo central. Cada paquete, consta de una lámina rectangular de membrana semipermeable doblada por la mitad de forma que la capa activa quede en su exterior. Entre las dos mitades se coloca un tejido provisto de diminutos

canales para recoger el permeado que atraviese la membrana y conducirlo hacia el tubo central de recogida.

Encima de la capa activa de la membrana se coloca una malla provista de canales de distribución para repartir homogéneamente la solución de aporte sobre toda la superficie de la membrana.

La solución de aporte circula en dirección axial. Paralela al tubo central, conducida por la malla distribuidora existente entre las capas activas de dos membranas consecutivas. El permeado que atraviesa la membrana es recogido por el tejido colector que lo lleva espiralmente al tubo central del que sale al exterior por uno de sus extremos.

El rechazo o solución de aporte que no atraviesa la membrana continúa su avance en dirección axial, abandonando la malla distribuidora por el otro extremo.

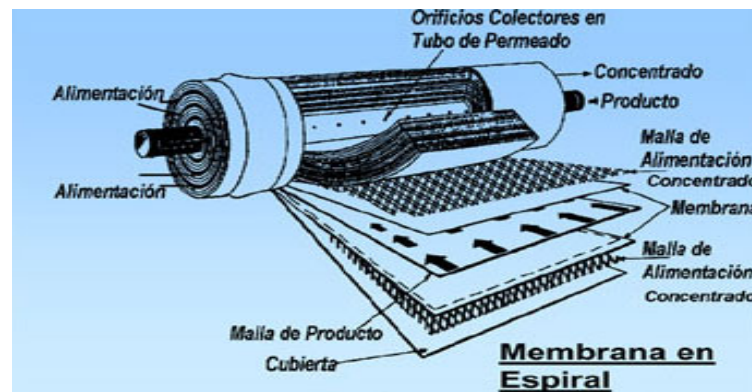


Figura 5.3.1.3. Membrana en espiral.

Los módulos espirales se interconexionan en serie dentro de un tubo destinado a soportar la presión de trabajo. En el interior de cada tubo pueden instalarse hasta siete módulos alcanzándose longitudes totales superiores a los siete metros.

La solución de aporte, a medida que va atravesando los distintos módulos instalados en serie se va concentrando, siendo evacuada del tubo de presión por el extremo opuesto a su entrada. El permeado puede ser recogido en el mismo extremo que el rechazo o en el opuesto, según convenga.

❖ Módulos de fibra hueca; se fabrican con varios centenares de miles de membranas de fibra hueca dobladas en forma de “U” y colocadas paralelamente a un tubo central, de ahí reciben el nombre. Las membranas se fijan en ambos extremos mediante resina epoxi para dar estabilidad al haz así formado.

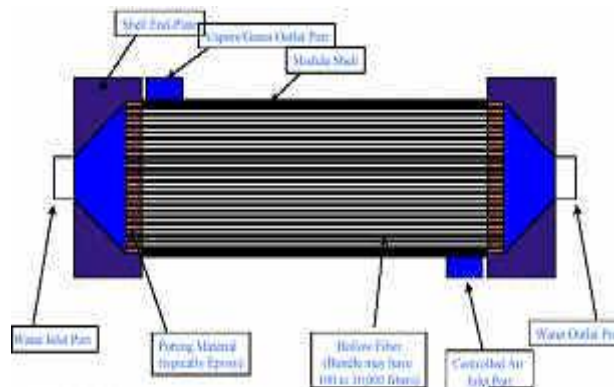


Figura 5.3.1.4. Módulo de fibra hueca.

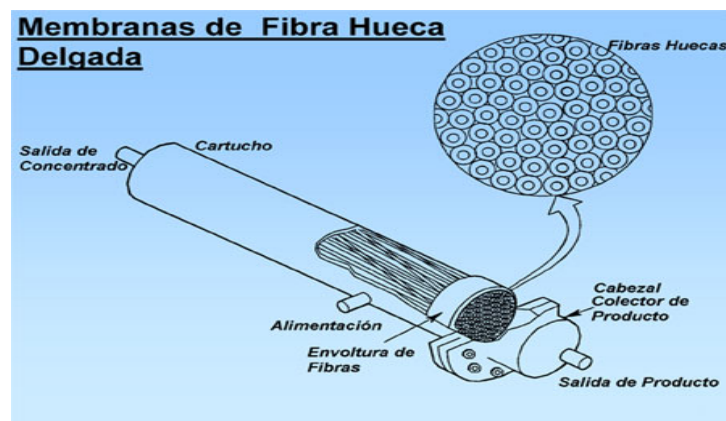


Figura 5.3.1.5. Módulo de fibra hueca.



La solución de aporte se introduce a presión en el tubo central quien la reparte radial y uniformemente a través de todo el haz de fibras.

Cuando la solución a tratar entra en contacto con la superficie exterior de la fibra donde se encuentra la capa activa, una parte de la misma atraviesa la fibra moviéndose por su interior hueco hasta el extremo abierto. Los finales abiertos de las fibras huecas están embebidos en una masa de resina epoxi, constituyendo uno de los extremos del haz.

Cuando el permeado abandona el haz de la placa tubular, pasa a través de un bloque poroso antes de alcanzar el exterior del módulo. El bloque poroso tiene por misión lograr un correcto reparto hidráulico en la recogida de permeado y, por tanto, también en la distribución de la solución de aporte a través del haz de fibras. El rechazo se mueve hacia la placa de epoxi situada en el otro extremo del haz de fibras, saliendo al exterior tras atravesar el espacio anular existente entre ésta y la carcasa.

El haz de fibras se instala en el interior de un tubo fabricado con epoxi y fibra de vidrio cuya misión es soportar, desde el punto de vista mecánico, las presiones de trabajo.

### 5.3.2. Selección de configuración de módulos.

Partimos de que todas las configuraciones utilizan membranas con la misma química y la misma estructura, que permiten obtener valores similares en el permeado. Por tanto en cada aplicación hay que escoger el módulo que mejor se adapte a las características y situaciones particulares que puedan presentarse.

Ventajas e inconvenientes de cada tipo:

| CARACTERÍSTICAS                          | TIPO DE MÓDULO |           |         |           |
|--|----------------|-----------|---------|-----------|
|  | DE PLACAS      | TUBULAR   | ESPIRAL | FIBRA     |
| Superficie de membrana por módulo        | 15-50          | 1,5-7     | 30-34   | 370-575   |
| Volumen de cada módulo (m <sup>3</sup> ) | 0,30-0,40      | 0,03-0,1  | 0,03    | 0,04-0,08 |
| Caudal por módulo (m <sup>3</sup> /día)  | 9-50           | 0,9-7     | 30-38   | 40-70     |
| Grado de compactación (m <sup>2</sup> de | 50-125         | 50-70     | 1.000-  | 5.000-    |
| Productividad por unidad de              | 0,6-1          | 0,6-1     | 1-1,1   | 0,1-0,15  |
| Productividad por unidad de              | 30-125         | 30-70     | 1.000-  | 900-1.500 |
| Conversión de trabajo por módulo         | 10             | 10        | 10-50   | 30-50     |
| Pérdida de carga por tubo de             | 2-4            | 2-3       | 1-2     | 1-2       |
| Sustitución e intercambiabilidad por     | Nula           | Nula      | Total   | Total     |
| Tolerancia frente a las sustancias       | Mala           | Buena     | Mala    | Mala      |
| Tolerancia frente a la materia en        | Mala           | Buena     | Mala    | Muy mala  |
| Comportamiento frente a las limpiezas    | Mecánicas      | Regular   | Bueno   | No        |
|  | Químicas       | Bueno     | Bueno   | Bueno     |
|  | Agua a         | Excelente | Bueno   | Bueno     |

Tabla 5.3.2.1. Características de las configuraciones de módulos.

Los módulos de placas como dijimos son los que mas tiempo llevan usándose, sin embargo hoy día son los menos usados pues presentan nula capacidad de sustitución e intercambiabilidad. Lo que quiere decir que no podremos en un futuro sustituir esas membranas por otras que mejoren el rendimiento, lo cual es inaceptable en un proceso que debe ir siendo mejorado.

De las tres posibles opciones que aun nos quedan eliminaremos la configuración tubular, la razón es que aunque su comportamiento en líquidos cargados es fenomenal, tienen muy baja superficie de membrana disponible por módulo. Esto hace necesario una gran cantidad de módulos y mucho espacio. Lo que en un principio seria un ahorro de costes en mantenimiento por su bajo ensuciamiento, pasaría a ser un gasto elevado en inversión.

Las configuraciones mas utilizadas en la ósmosis inversa son la espiral y la de fibra hueca, y entre estas dos debemos elegir la configuración de nuestros módulos. Las características de ambas son semejantes. Los módulos de fibra hueca son compactos ya que la superficie de membrana por unidad de volumen que presentan es elevada. Esto las hace desde el punto de vista de inversión ventajosa, pero esa compacidad hace que sean más sensibles que otras configuraciones al ensuciamiento, tanto por sus rancias coloidales como por sustancias en suspensión. Debido a esto su uso es solo recomendable en casos donde el aporte sea un líquido muy limpio ya que en caso contrario, aunque la inversión fueses reducida, los costos de operación u mantenimiento serian elevados por las frecuentes limpiezas y deterioros de los módulos a los que habría que hacer frente.

Así por el motivo expresado nuestros módulos serán de membranas de poliamida aromática enrollados en espiral.

#### **5.4. Agrupación de módulos.**

Existen módulos de diferentes tamaños para la misma configuración de membranas, ya sea en espiral, fibra hueca o cualquier otra, y por tanto con distintas producciones.

Es por esto que el caudal de permeado requerido raramente coincide con el que puede suministrar el módulo, normalmente es superior. Se hace necesario entonces la agrupación de módulos que si sean capaces de proporcionar el caudal deseado.

##### **5.4.1. Tipos de agrupaciones.**

Los módulos de ósmosis inversa se pueden agrupar de dos formas:

- ❖ En paralelo; esta agrupación es valida tanto con módulos de placas, como tubulares y de fibra hueca, sin embargo no nos sirve para módulos espirales. El

montaje tiene las alimentaciones y salidas de permeado y rechazo de cada módulo conectadas a las tuberías generales. Esta disposición se usa para producir un caudal “n” veces superior al suministrado por un único módulo, siendo “n” el número de módulos instalados en paralelo. Los módulos instalados en paralelo se llaman pasos, así si tenemos “n” módulos en paralelo tendremos una unidad de ósmosis inversa de “n” pasos.

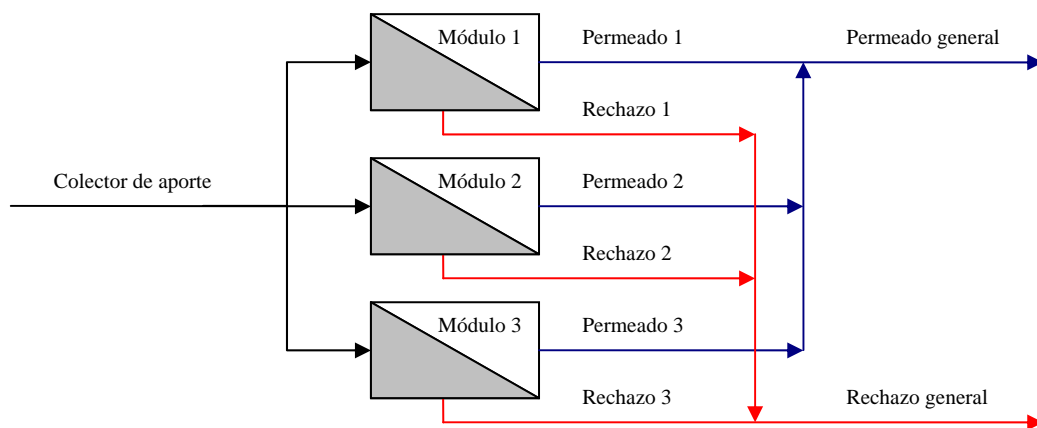


Figura 5.4.1.1. Agrupación de los módulos en paralelo.

La máxima conversión de cada módulo de este tipo está alrededor del 50%, de esta forma ésta será la máxima conversión que puede conseguirse con esta agrupación, lo que equivale a decir que la solución de aporte se puede concentrar entre 1,66 y 2 veces. Cuando los módulos trabajan en paralelo, la pérdida de carga entre el colector de aporte y el de rechazo es la misma para todos ellos, lo que indica que el caudal de aporte que llega a cada uno dependerá de su grado de atascamiento y del caudal de permeado que produzca.

Es muy importante que cuando varios módulos trabajen en paralelo el grado de envejecimiento de sus membranas sea similar ya que en caso contrario se producirán desequilibrios en los flujos individuales que harán que las membranas menos deterioradas trabajen con conversiones elevadas y se atasquen rápidamente.

❖ En serie; en este tipo de montaje el caudal de rechazo de cada módulo pasa a ser el aporte del siguiente y así sucesivamente. El permeado de los distintos módulos se recoge en un colector común a todos ellos donde se van mezclando los distintos flujos. Los módulos instalados en serie se llaman etapas, así si tenemos “m” módulos en serie tendremos una unidad de ósmosis inversa de “m” etapas.

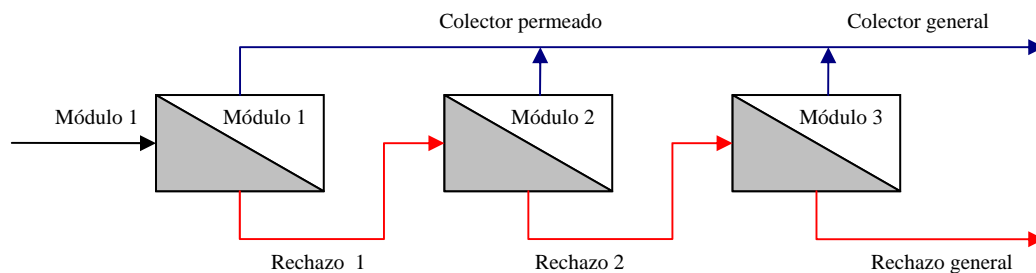


Figura 5.4.1.2. Agrupación de los módulos en serie.

Cuando se instalan módulos espirales en el interior de un tubo de presión se utiliza este tipo de agrupación. Los módulos espirales pueden trabajar con conversiones máximas del 7 al 10%, por lo que la conversión de cada tubo con 6 o 7 módulos suelen también oscilar sobre el 50%. La agrupación de los módulos en serie hace que para una conversión final determinada, cada módulo trabaje con una conversión menor que si trabajase en paralelo lo que se traduce en que el caudal de rechazo y la velocidad superficial sobre la membrana sean mayores. Este tipo de agrupación se usa cuando se necesitan conversiones elevadas.

#### 5.4.1.1. Agrupación de etapas.

A veces es necesaria una conversión global superior al 50% que es la máxima conseguida por las agrupaciones anteriores, por ello se hace precisa una configuración de módulos más compleja. Lo que se hace es una agrupación de etapas, entendiendo etapa como el conjunto de tubos

contenedores que trabajan en paralelo a la misma presión y alimentados desde la misma línea. Colocar una unidad de ósmosis inversa con “n” pasos y “m” etapas. Las formas posibles de configuración son dos:

❖ Rechazo en serie.

En esta agrupación el rechazo de la primera etapa alimentaría a la segunda etapa, y el rechazo de esta a la tercera como se muestra en la figura siguiente.

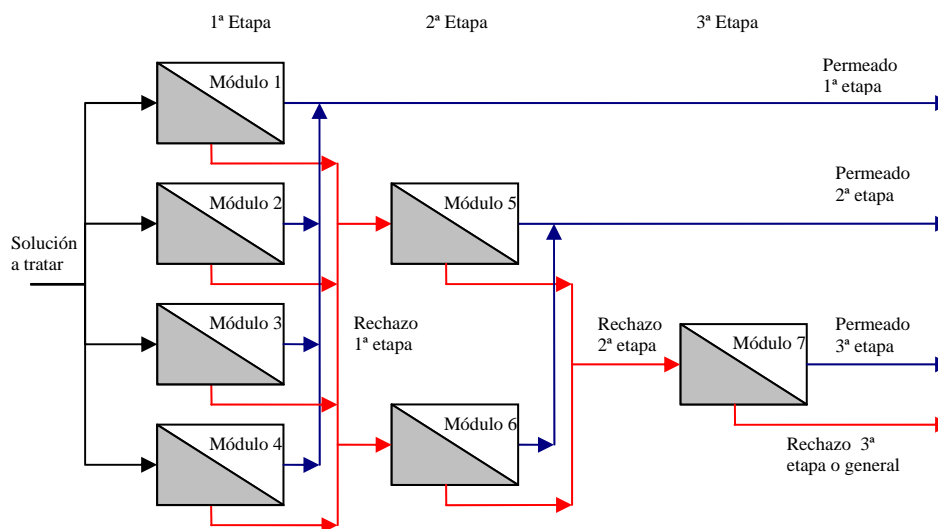


Figura 5.4.1.3. Configuración con el rechazo en serie.

No se suele agrupar más de tres etapas en serie porque la producción de cada etapa adicional, por encima de la tercera, sería reducida y resultaría antieconómico.

❖ Recirculación del rechazo.

Utilizando una única etapa se puede superar el porcentaje máximo de recuperación del 50% establecido para la misma. Se recurre para ello a recircular todo o parte del rechazo mezclándolo con la solución de aporte tal como se muestra en la figura siguiente.

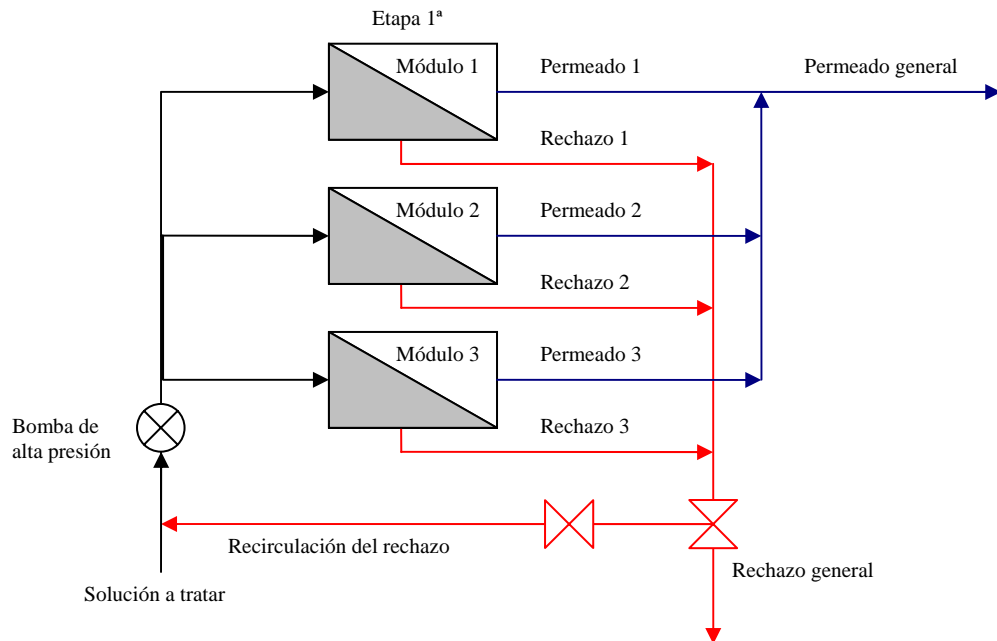


Figura 5.4.1.4 Configuración con recirculación del rechazo.

Con este procedimiento se pueden alcanzar conversiones de hasta el 75%. Esta alternativa presenta un consumo específico de energía y una salinidad del permeado mayores que la de instalar dos etapas con rechazo en serie, por lo que solo se utiliza cuando lo que se quiere es concentrar la solución a tratar.

Con este montaje se consiguen velocidades sobre la superficie de las membranas muy elevadas, reduciéndose de forma considerable los fenómenos de polarización y los riesgos de ensuciamiento, pero todo ello a costa de un mayor consumo de energía eléctrica en los bombeos.

#### 5.4.2. Selección del tipo de agrupación.

La Estación Desaladora para la cual se está realizando el proyecto presenta como requisito de diseño funcionar con una conversión del 60%, dicho esto quedan eliminadas las opciones de instalar los módulos con una

estructura en serie o en paralelo, ya que estas no dan conversiones mayores del 50%.

Tendremos que disponer un sistema con rechazo en serie o con recirculación del rechazo que son los únicos capaces de alcanzar la conversión del proyecto. Como expusimos la recirculación del rechazo se emplea más cuando lo que se pretende es concentrar una solución. Si a esto unimos que su consumo específico de energía y la salinidad del permeado, son mayores que lo obtenido al instalar dos etapas con rechazo en serie, es clara la elección. Dispondremos los módulos en dos etapas con rechazo en serie, el número de membranas por tubo, el de tubos por módulo y el de módulos en cada etapa serán calculados mas adelante.

## **5.5. Selección de la toma de agua.**

### **5.5.1. Posibilidades de toma de agua.**

La forma en la que se toma de agua para la Estación Desaladora es un factor fundamental, pues afecta a muchos parámetros. Pero sobre todo condiciona el pretratamiento. Sin olvidar que un alto porcentaje del impacto ambiental es el ocasionado por la toma de agua tanto en su construcción como en su funcionamiento. Las posibilidades son:

❖ La Captación de agua marina para el abastecimiento de la Estación Desaladora mediante pozos verticales.

➤ Este tipo de toma tiene como ventaja ser la mas económica, es necesario menos material y menos tiempo en su construcción. Además el agua que se bombea del pozo ha sufrido un filtrado natural y no es necesario el pretratamiento requerido cuando el agua es tomada directamente del mar.



➤ Tiene como desventajas que los caudales obtenidos en igualdad de condiciones con las otras opciones son menores y su procedencia puede no ser del mar sino de aguas continentales.

❖ Toma abierta en el mar mediante un túnel desde la Planta hasta el mar. Esta solución además de su elevado coste y su plazo de ejecución tiene el inconveniente de necesitar en la Planta de las instalaciones adecuadas para tratar un agua que proceda directamente del mar, lo cual es un coste añadido.

❖ Captación de agua de mar mediante una malla de drenes ejecutados con técnicas de perforaciones horizontales dirigidas, sumergidas en la línea de costa.

Esta solución tiene la ventaja de captar agua procedente del mar, no hay posibilidad de interferir en acuíferos continentales. Además con el valor añadido de estar filtrada previamente. Tiene un coste intermedio entre las dos anteriores pues aunque no se necesita pretratamiento del agua la construcción de la toma es costosa en tiempo y materiales.

#### 5.5.2. Selección de la toma de agua.

Los factores que condicionan la decisión son el económico y la fiabilidad de la toma de agua para la Planta.

Desde el punto de vista económico los pozos verticales son la vía más económica. Las opciones de captación por drenes horizontales y toma abierta son las más caras ya que la complejidad de su instalación las encarece. En la posibilidad de toma abierta esto se une a la necesidad de un pretratamiento más complejo y por tanto menos económico, quedando así descartada esta candidatura.

De las dos soluciones restantes, la posibilidad de interferencia con acuíferos continentales y la obtención de menores caudales gravan la toma de pozos verticales. Sin embargo con un adecuado estudio de su número y lugar de ubicación, ambos problemas no deben surgir. A esto se une que los caudales que son necesarios extraer de los mismos son relativamente pequeños.

A la sazón en base a lo anterior queda así definida la toma de agua bruta como una captación mediante pozos verticales. Estarán separados lo suficiente para que no existan afecciones entre ellos, captando caudales parecidos, se pretende realizar con velocidades de captación muy pequeñas con el objeto de no causar ninguna afección.

## **6. VIABILIDAD PRELIMINAR DEL PROYECTO.**

### **6.4. Técnica.**

En el apartado 5.1 del presente proyecto se realiza un análisis comparativo de los posibles procesos de desalación. Tras su definición se procede a la selección del más indicado acorde al marco y características del proyecto, y obtenemos que la ósmosis inversa es el método mas indicado.

Respeto a la membrana y su configuración usada, no resta credibilidad al proceso pues en el estudio de selección de ambas se demostró que eran las elecciones adecuadas.

Hoy en día la viabilidad de la desalación por ósmosis inversa esta mas que demostrada y asumida, hay multitud de estaciones desaladoras de agua de mar funcionando con las mismas o similares características a la diseñada en este proyecto.

Otro factor que da credibilidad al proyecto es el hecho de que todos los equipos usados están garantizados y disponibles comercialmente.

### **6.5. Legal.**

La Estación Desaladora de Agua de Mar diseñada cumple con las disposiciones exigidas legalmente.

El agua producto cumple tanto los criterios establecidos en el Real Decreto 1138/1990, 14 de Septiembre para aguas potables de consumo humano como el Real Decreto 140/2003 del 7 de Febrero que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua para consumo humano.

### **6.6. Económica.**

El coste total de la planta englobando costes directo e indirectos será la inversión en capital fijo necesario para la puesta en marcha de la Planta Desaladora, dará un total de 6.261.712,63 € (SEIS MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y UN MIL SETECIENTOS DOCE EUROS Y SESENTA Y TRES CÉNTIMOS)

La estación desaladora que se proyecta producirá un caudal de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día, es decir dará un total en los 330 días que se estipula estará operando de 4.961.213,40 m<sup>3</sup>/año.

El precio de agua desalada se marcará en 0,65 €/m<sup>3</sup> lo que originará unos ingresos por su venta 3.224.788,71 € (TRES MILLONES DOSCIENTOS VEINTICUATRO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS Y SETENTA Y UN CÉNTIMOS). De restar a estos ingresos los costes de operación resultará el beneficio bruto. El beneficio bruto anual vendrá dado por 1.600.973,53 € (UN MILLÓN SEISCIENTOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y

TRES EUROS Y CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS). Este valor para el beneficio bruto dará viabilidad a la construcción de la EDAM.

La rentabilidad calculada en base al beneficio bruto anual, a la inversión necesaria en capital fijo y al tiempo de amortización encuentra un valor del 62,24%.

## **7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.**

### **7.1. Toma de agua.**

Después de la exposición y estudio de las distintas alternativas a considerar para la toma de agua de mar realizado en el apartado 5.5 de este documento, se concluyó que la solución óptima, tanto económica como por los caudales con los que trabaja la Planta, es la de toma en pozos con bombas sumergibles.

Las ventajas principales que ofrece la toma mediante pozos son:

- ❖ Limpieza del agua como consecuencia de su filtrado en el terreno, lo que se traduce en unos índices de turbidez (NTU) y de colmatación (SDI) bajos.
- ❖ Ausencia de contaminación orgánica y biológica.
- ❖ Bajo contenido de oxígeno disuelto.
- ❖ Baja contaminación.
- ❖ Temperaturas bastante estables.

La captación es la parte del proceso que suministra el agua bruta para la Planta, la toma de agua se realizará mediante 4 pozos de 30 metros de profundidad y con una separación aproximada entre pozos de 20 metros, con lo

que se obtendrá un caudal de 25.000 m<sup>3</sup>/día. Los pozos presentan un diámetro de 0,5 m.

#### 7.1.1. Bombas de captación.

Su misión es surtir de agua bruta la Planta, captándola en los pozos verticales y trasvasándola al depósito intermedio. Se instalará una bomba de captación por cada pozo vertical. Se seleccionan en el apartado A.9.2.1 del Anexo A: Memoria de Cálculo. El modelo seleccionado debe impulsar un caudal de 6.250 m<sup>3</sup>/día (260,42 m<sup>3</sup>/h) y tener una capacidad mínima de 27,98 m con una potencia de 25,415 KW.

La bomba elegida es comercializada por la empresa Bombas Itur S.A, en concreto el modelo RW, es una bomba centrífuga de proceso. Permite impulsar vortex, semiabierto o de dos o tres canales. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura con diversos planes API. Rodamientos lubricados por aceite. Para fluidos limpios, o agresivos, o con un importante contenido de sólidos. Sus prestaciones máximas se reflejan a continuación:

| concepto |                   | ejecución estandar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 65-200             | 65-200            |
| DNd      | mm                | 50-200             | 50-200            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 700                | 800               |
| H        | m                 | 100                | 140               |
| p        | bar               | 16                 | 16                |
| t        | °C                | -5 +120            | -15 +250          |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

Figura 7.1.1.1. Prestaciones máximas modelo RW.

Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)

## 7.2. Pretratamiento físico.

El objetivo de estos pretratamientos es eliminar fundamentalmente los elementos sólidos, algas y materia orgánica que se encuentran en el agua de alimentación. Es vital eliminarlos o mantenerlos dentro de ciertos rangos para evitar el deterioro o avería del sistema hidráulico y de las membranas.

El número y tipo de pretratamientos físicos será en función de las características del agua de aporte, la cual depende fundamentalmente de las características del terreno y de la toma de agua. Las partículas en suspensión se originan como consecuencia de la erosión del terreno, disolución de sustancias minerales y la descomposición de sustancias orgánicas.

En muchas ocasiones el pretratamiento físico debe mejorarse con la aplicación de otras técnicas que consigan una depuración mayor, como por ejemplo la decantación, la coagulación-floculación y la coagulación-floculación-decantación.

Si aun los niveles de partículas en el agua de aporte son inadecuados se efectúa una fase de mayor afinado consistente en la filtración sobre cartuchos. Hoy en día esta filtración se realiza generalmente como etapa previa a la entrada del agua en las membranas, principalmente por exigencia para las garantías que ofrecen los fabricantes de membranas.

### 7.2.1. Filtración grosera.

Se realiza con filtros que contienen una o más capas de material filtrante, pero no tiene por qué ser arena. En ellos el agua se introduce por la parte superior y va percolando a través de las distintas capas, llegando a la parte inferior donde es recogida.

Un factor fundamental es la velocidad de filtración, éste factor depende de la presión aplicada, granulometría usada y profundidad de la capa o capas de material.

Existen diferentes tipos de filtros de arena de acuerdo con el proceso físico que rige la filtración, la velocidad de filtración y la disposición espacial, se resumen en la siguiente tabla:

| TIPO     | PROCESO FÍSICO | VELOCIDAD FILTRADO                        |         | DISPOSICIÓN ESPACIAL |
|----------|----------------|---|---------|----------------------|
| Abiertos | Gravedad       | 5 – 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h | Rápidos | ----                 |
|          |                | 0,1–0,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h | Lentos  | ----                 |
| Cerrados | Presión        | 7 – 12 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h  | Rápidos | Verticales           |
|          |                |   |         | Horizontales         |

Tabla 7.2.1.1. Tipos de filtros de arena.

Los filtros a presión utilizados en instalaciones de ósmosis inversa trabajan en un rango de presión que va desde 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> hasta los 7,5 Kg/cm<sup>2</sup>, tanto para verticales como horizontales.

En el diseño de cualquier instalación es de vital importancia el espacio disponible a la hora del diseño de equipos, los filtros tienen unas limitaciones de tamaño que deberán ser tenidas en cuenta. Tanto filtros horizontales como verticales tienen entre 3,5 y 4 metros su límite máximo de diámetro. Además por comodidad principalmente en el transporte y manejo los filtros horizontales no deben sobrepasar los 20 metros de longitud. Para filtros verticales la altura esta limitada en un rango entre 1,5 y 4 metros.

Hasta ahora la mayoría de estaciones de desalación diseñadas se hacían con estos tipos de filtros de arena, sin embargo la ultima tendencia lleva a una modificación en ellos. La modificación no es otra que sustituir esos

rellenos granulares por pantallas o mallas filtrantes, además presentan la gran mejoría de ser autolimpiantes.

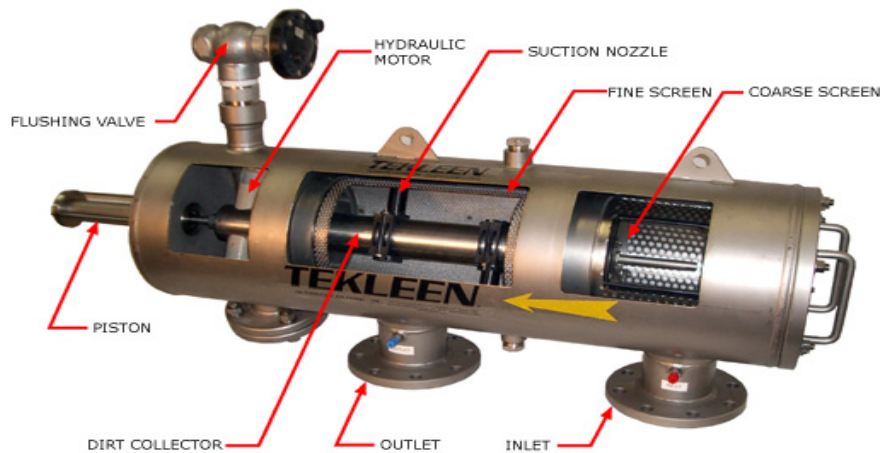


Figura 7.2.1.1. Filtro de pantalla filtrante Tecleen.

Los cuerpos de los filtros pueden ser de acero al carbono revestido, acero inoxidable u otras aleaciones bajo pedido y todos los elementos internos pueden ser desmontados del cuerpo del filtro sin afectar a los colectores, por lo que su mantenimiento es más sencillo. Las mallas son de acero inoxidable y pueden llegar a un grado de retención de hasta 5 micrones.

Evitan que parte de la contaminación existente en el agua pase al sistema, lo cual sucede en ocasiones con filtros de arena, añadiendo la capacidad de eliminar algas y otras partículas en suspensión.

Debido a que los filtros autolimpiantes evitan la pérdida de tiempo productivo dado que se limpian de forma automática sin interrumpir el flujo de filtrado y por ende se evita detener el proceso productivo, como se muestra en el apartado A.3.2 del Anexo A: Memoria de Cálculo, estos serán los elegidos. Mas concretamente el modelo ABW12-P de la empresa Tekleen Automatics Filters Inc. Se instalarán dos filtros, uno por línea, cada uno con un flujo máximo de 2.500 gpm para tener así una capacidad total de 5.000 gpm. Los



filtros tendrán una pantalla filtrante con una capacidad de filtrado de 15 micras.  
Las características del filtro autolimpiante elegido:

| Modelo | Válvula |        | Área de pantalla |                | Flujo <sub>máx</sub> |                   | Peso vacío |     |
|--------|---------|--------|------------------|----------------|----------------------|-------------------|------------|-----|
|        | inch    | mm     | ft <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | gpm                  | m <sup>3</sup> /h | lbs        | Kg  |
| ABW12  | 12      | 304,78 | 6,6              | 0,614          | 2.500                | 567,61            | 700        | 295 |

Tabla 7.2.1.2. Características filtro pantalla. Modelo ABW12



Figura 7.2.1.2. Filtros pantalla.

En el apartado B.3 del Anexo B: Datos Técnicos se puede ver las descripciones suministradas por el proveedor para todos sus modelos.

### 7.2.2. Filtración de afino.

Se utilizan como parte del pretratamiento físico para realizar una filtración más fina que la realizada por los filtros de arena, ya que los fabricantes de membranas exigen un nivel de filtración mínimo del agua que entra en ellas de 5 micras.

Hasta ahora los más usados eran filtros de hilo que consisten en un alma o eje de material resistente a la corrosión, PVC o acero inoxidable, con perforaciones laterales. Sobre él se enrolla un hilo, del espesor del mismo, el tipo de enrollamiento y la tensión o presión que se aplica depende el tamaño

del poro. El aumento de partículas retenidas va incrementando la obturación de poros y por tanto la pérdida de carga, hasta que se llega a un valor en el que la sustitución es inevitable, ya que las partículas no se desprenden fácilmente.

Recientemente apareció una variedad mejorada de filtros de cartuchos, los filtros plegables. El sistema es el mismo pero el material filtrante se sustituye por una tela plegada sobre el eje, su superficie filtrante es superior y les permite en igualdad de condiciones disminuir las pérdidas de carga, básicamente esto es importante por la elongación en la vida útil del filtro. Otra ventaja que se desprende es la necesidad de un menor número de filtros para conseguir un caudal determinado. De forma general el flujo del agua se realiza desde la parte exterior hasta el interior del eje, entra por la parte inferior y se recoge por la superior.

En cuanto al tipo de material filtrante, el material mas usado es el propileno, aunque hay variedad en base a características y propiedades.

Como se expone en el apartado A.3.3 del Anexo A: Memoria de Cálculo, la empresa suministradora de los filtros de cartuchos y los portafiltros será Harsmco Water filtration products. Por sus características hemos elegido el portafiltros 200FI de la serie HIF. Son unidades filtrantes multi-cartuchos fabricados en acero inoxidable 316 con acabado electro pulido para incrementar la resistencia a la corrosión. Cuyas características son:

| PORTAFILTROS HIF 200FL |                 |          |      |        |      |                    |     |                      |      |
|------------------------|-----------------|----------|------|--------|------|--------------------|-----|----------------------|------|
| Flujo máximo (gpm)     | Nº de cartuchos | Diámetro |      | Altura |      | Pérdida de presión |     | Presión de operación |      |
|                        |                 | inch     | m    | inch   | m    | Kg/cm <sup>2</sup> | atm | Kg/cm <sup>2</sup>   | atm  |
| 800                    | 200             | 58       | 1,47 | 93     | 2,36 | 0.517              | 0.5 | 3,2                  | 3,10 |

Tabla 7.2.2.1. Características del portafiltros.

El número de portafiltros necesario para filtrar nuestra alimentación de las membranas será de 4 por ruta, o sea un total de 8. Esta cantidad de unidades se ha establecido para que trabajen a un 75% de su capacidad. Aseguramos así un menor desgaste de los mismos y la posibilidad de seguir filtrando el caudal necesario ante la parada de uno de los mismos.

En los portafiltros se introducirán cartuchos 800-5 de la serie 801 de Harmsco, que retienen sólidos superiores a 5 micras, en número de 200 como se dictan los datos técnicos. Son fabricados en media plegada de poliéster plus. El intervalo de servicio para pH es de 3 a 11 y la temperatura máxima de operación es 60°C.

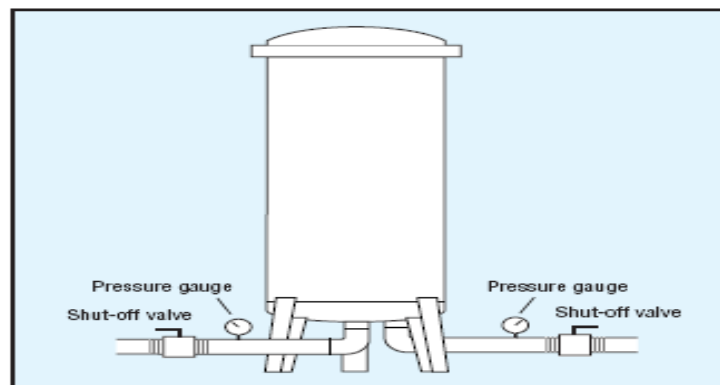


Figura 7.2.2.1. Esquema instalación portafiltros.

Fuente: [www.harmsco.com](http://www.harmsco.com)

En el apartado B.4 del Anexo B: Datos Técnicos, se puede ver las especificaciones suministradas por la empresa Harmsco Water filtration products.

### 7.3. Tratamientos químicos.

Su aplicación es la lógica consecuencia de las características del agua a tratar, ya que al agua de la toma no puede ser enviada directamente a las

membranas de ósmosis inversa. Principalmente por dos motivos, optimizar el funcionamiento de las membranas y segundo evitar su deterioro.

Las membranas tienen unas condiciones de trabajo óptimas, como temperatura, pH o presión, por tanto el agua que llega a ellas debe encontrarse en esos valores para conseguir el mayor rendimiento.

El deterioro de las membranas originado por las características del agua se debe a su composición química y la actividad biológica que en ella se desarrolla.

También será necesario unos post-tratamientos resultado de la alta eliminación de sales que se realiza en las membranas y por los pretratamientos químicos que se le aplica al agua, ya que derivado de todo ello el agua obtenida posee unas características determinadas que pueden no ser las mejores tanto para su consumo como para su almacenamiento y transporte. Entre estas características esta su bajo pH, que le confiere poder corrosivo y propicia el ataque tanto a tuberías como a los depósitos de almacenamiento, y su fuerte desequilibrio iónico, dado que su composición de iones bivalentes es mínima. Por tanto se hace necesario un post-tratamiento que corrija estos aspectos y favorezca el cumplimiento de la Reglamentación Técnico Sanitaria vigente en la actualidad en la Unión Europea.

A pesar de la desinfección en el pretratamiento del agua y del rechazo que hacen las membranas tanto de virus como de bacterias, en el almacenamiento y manipulación posterior el agua desalada puede volver a generarlos. El agua producto obtenida tiene como destino el abastecimiento urbano, por tanto hay que evitarlo. Ello implica el mantenimiento de un residual de cloro libre y puesto que el generado en el pretratamiento es posteriormente retirado, en último lugar realizamos una post-cloración.

### 7.3.1. Pretratamientos químicos.

Su objetivo es controlar dos tipos de procesos o fenómenos que se desarrollan en el agua:

- ❖ Contaminación que se produce a causa de:
  - Contaminantes orgánicos y biológicos.
  - Algas y otras sustancias.
- ❖ Procesos químicos que ocasionan:
  - Ataques químicos que afectan a la propia estructura de la membrana.
  - Reacciones químicas que producen precipitados insolubles que afectan físicamente a la membrana.

#### 7.3.1.1. Desinfección.

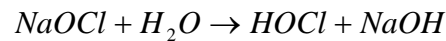
La desinfección es uno de los pasos más importantes de la purificación del agua de ciudades y de comunidades. Responde al propósito de matar microorganismos indeseados en el agua, por lo tanto los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas. Algunas tendencias no creen la desinfección un pretratamiento y lo consideran como un proceso fuera del mismo dándole un trato a parte.

Hay distintas técnicas de desinfección, tratamientos con ozono, radiación ultravioleta, tratamientos con metales como la plata, con gases oxidantes y los tratamientos con halógenos y sus derivados. Entre todas estos tratamientos los últimos y en especial los efectuados con derivados del cloro son los más usados.

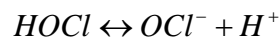
La toma de agua bruta de la Planta es en pozos, como consecuencia la contaminación por bacterias o algas será lo suficientemente pequeña como

para descartar para su eliminación pretratamientos complejos. Sin embargo un pretratamiento de desinfección será necesario.

El método mas usado en instalaciones desaladoras por osmosis inversa es la adición de un derivado clorado. La base del proceso de desinfección es la formación de ácido hipocloroso (HOCl) que posee una elevada acción biocida, en nuestro caso será el hipoclorito sódico. La reacción que sucede es la siguiente:



El ácido hipocloroso tiene la reacción de disociación siguiente:



Como se calcula en el apartado A.4.1.1 del Anexo A: Memoria de Cálculo, la cantidad a dosificar de hipoclorito sódico será de 0,233 m<sup>3</sup>/día (9,7 L/h) para la capacidad desdoblada y en 0,466 m<sup>3</sup>/día (19,42 L/h) para la totalidad instalada. Se realizará la adición antes del depósito intermedio ya que posteriormente se retirará al ser nuestras membranas de poliamida aromática y este polímero es sensible a la presencia de cloro (Cl<sub>2</sub>). De esta forma su contacto con el agua es más prolongado y por consiguiente su acción biocida tiene mayor rendimiento.

#### 7.3.1.2. Regulación del pH.

Como en el pretratamiento anterior éste persigue dar al agua unas condiciones tales que las membranas tengan un rendimiento óptimo y además su deterioro sea mínimo. Las tomas de agua de la Planta suministran agua de mar mediante pozos a pH 7,9.

Otro problema que trae este valor de pH es la producción de precipitados, como el carbonato cálcico a partir del bicarbonato cálcico, que afectarían de forma negativa al proceso. El ajuste de pH se realiza con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que elimina la alcalinidad del bicarbonato previniendo la formación del carbonato.

Las reacciones que se producen son:

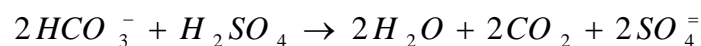
- 1)  $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2 + CaCO_3 + H_2O$
- 2)  $Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$
- 3)  $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$

Donde:

- 1) Descomposición del bicarbonato.
- 2) Reacción del ácido sulfúrico con bicarbonato.
- 3) Reacción del ácido sulfúrico con carbonato

Su dosificación de ácido sulfúrico para ajustar el pH se lleva a cabo después de la del hipoclorito sódico y antes de depósito intermedio.

El ácido sulfúrico tiene una consecuencia negativa, origina un incremento del ión sulfato y por tanto la posible formación de precipitados de sulfato cálcico.



Si se comprueba que resulta un problema para el funcionamiento de la instalación se debe impedir, con la añadidura de un antiincrustante o secuestrante.

El producto distribuido por el proveedor que es ácido sulfúrico con una concentración entre el 98% y el 99%, y con una densidad de  $1,84 \text{ g/cm}^3$ . la dosis suministrada según los cálculos realizados en el apartado A.4.1.2 del Anexo A: Memoria de Cálculo, será  $0,136 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $5,66 \text{ L/h}$ ) para una ruta, por

tanto para las dos líneas  $0,272 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $11,32 \text{ L/h}$ ). La adición se realizará antes del depósito intermedio tras la adición del hipoclorito sódico.

#### 7.3.1.3. Reducción-Decloración.

Como se ha especificado en el apartado 5.2.2 nuestras membranas son de poliamida aromática y este polímero es sensible a la presencia de cloro ( $\text{Cl}_2$ ) presente en el agua por la desinfección con hipoclorito sódico anterior, por tanto para eliminarlo o reducirlo del flujo de agua que llega a las membranas se realiza una decloración.

Los productos mas empleados son los compuestos de azufre. Dentro de la variedad de sistemas y productos para realizar este tratamiento nosotros aplicaremos la dosificación de bisulfito sódico ( $\text{SO}_3\text{HNa}$ ) que es el más extendido por ser más simple y eficaz.

Generalmente se inyecta antes de los filtros de cartuchos y antes del inhibidor, de esta forma están desprotegidos los filtros de cartuchos de la labor del desinfectante. Se añadirá a cada eje de proceso la cantidad de  $0,1685 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $7,02 \text{ L/h}$ ). Al global de la corriente de agua bruta será añadido un caudal de  $0,337 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $14,04 \text{ L/h}$ ) de la solución de bisulfito sódico al 34% de la que se dispone.

#### 7.3.1.4. Coagulación.

En el caso del proyecto de una captación en pozo, no suele ser necesaria la coagulación. Aún así, se prevé un sistema de dosificación de coagulante ya que esta demostrado que su adición si bien no es estrictamente necesaria mejora el rendimiento del proceso.



Su función es facilitar la retención de la materia coloidal contenida en el agua de mar por los filtros pantalla. Los coagulantes se administran como apoyo a la filtración, los más frecuentes son distintos polímeros y el cloruro férrico.

El tipo de coagulante a utilizar será inorgánico, cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), que es el coagulante de uso más frecuente en este tipo de instalaciones. En nuestro caso la disolución que se utilizará tiene una riqueza del 39% y una densidad de  $1,41 \text{ g/cm}^3$ . El cálculo de la dosis realizado en el apartado A.4.1.4 del Anexo A: Memoria de Cálculo, será  $0,136 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $5,67 \text{ L/h}$ ), ya que para cada vía obtuvimos un caudal de  $0,068 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $2,833 \text{ L/h}$ ). Como el objetivo del coagulante es mejorar el rendimiento de la filtración se dosificará antes del pretratamiento físico.

#### 7.3.1.5. Inhibición.

Aunque no fuese necesario es conveniente su colocación, ya que la vida de una planta desaladora es muy larga y pueden producirse situaciones que requieran cambiar el tratamiento químico que se está llevando a cabo. Además el coste de este equipamiento es mínimo en relación con el valor total de la inversión de la Planta. Estos dos motivos justifican instalar el tratamiento aunque sea como reserva.

El primer inhibidor que se usó fue el hexametáfosfato sódico [SHMP o  $(\text{NaPO}_3)_6$ ], pero hoy día apenas es utilizado debido al gran desarrollo de productos para esta función. Los principales son polímeros de síntesis, con aplicaciones específicas que han mejorado la efectividad.

En la Planta diseñada en este proyecto se usará como inhibidor el producto Genesys HR, comercializado por la empresa Genesys Internacional S.L. Genesys HR se trata de una solución de ácido fosfórico desarrollado como

un antiincrustante para grandes desaladoras de agua de mar. Es un producto de nueva tecnología, que se utiliza en dosis muy reducidas. Inhibe todas las formas de incrustación permitiendo a las ingenierías el diseño de sistemas que operen a elevados porcentajes de recuperación.

Esto se traduce en un significativo ahorro de costes debido a la reducción de la cantidad de agua de alimentación utilizada y del volumen de agua de rechazo que será vertido.

Genesys HR debe ser dosificado de forma continua al agua de alimentación. Puede dosificarse desde su forma pura o diluido, es particularmente efectivo en estaciones que operan a altas presiones con tasas de conversión del 60-65%, como es nuestro caso.

Sus principales características son:

- ❖ Sus principios activos son ampliamente utilizados en instalaciones de agua potable.
- ❖ Tiene un impacto prácticamente nulo en niveles de carbono orgánico total.
- ❖ Altamente efectivo frente a todas las incrustaciones más comunes, como Carbonatos y Sulfatos de Calcio, Bario y Estroncio, así como Fluoruro Cálculo.
- ❖ Inhibe depósitos de sílice, hierro y aluminio.
- ❖ Compatible con todos los tipos de membranas.
- ❖ Reduce la necesidad de ácido.
- ❖ Permite a los sistemas operar a los porcentajes de recuperación más elevados posibles.
- ❖ Es una alternativa económica frente al uso de ácido y/o polímeros.

Los cálculos se han realizado en el apartado A.4.1.5 del Anexo A: Memoria de Cálculo, para una solución diluida al 25% del producto Genesys HR, y desprenden una dosificación para una línea de 0,0261 m<sup>3</sup>/día (1,0875 L/h). El consumo total en la Planta para las dos líneas será por tanto de 0,0522

m<sup>3</sup>/día (2,175 L/h). Su irrigación se realizará antes de los filtros de cartuchos, tras el bisulfito sódico.

### 7.3.2. Post-tratamientos químicos.

Tras la desalación en los bastidores, el agua producto aunque de calidad no es potable ya que no se ajusta a la Reglamentación Técnica Sanitaria del Real Decreto 14 de Septiembre 1.990 N.1138/1990), Esta normativa exige:

- ❖ TDS < 500 ppm
- ❖ Na<sup>+</sup> < 150 ppm
- ❖ Cl<sup>-</sup> < 200ppm
- ❖ 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (150 ppm de CaCO<sub>3</sub>)
- ❖ pH del orden de 6,5 a 8,5.

Los post-tratamientos se diseñan en función del fin último del agua desalada, teniendo en cuenta que dicha agua tiene como fin el abastecimiento público sin mezcla, el objeto es adecuar el agua a la normativa del Real Decreto mencionado anteriormente.

Estos tratamientos persiguen una remineralización del agua desalada que conlleva el beneficio asociado del reajuste del pH, y una post-cloración con el objetivo de la desinfección.

### 7.3.3. Remineralización del permeado.

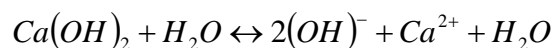
Las plantas de ósmosis inversa reducen todas más del 90% el contenido en sales, en nuestro caso la membrana tiene un rechazo mínimo del 99,7%. Este rechazo tan grande consigue un permeado final con una baja concentración de iones y tiene un pH bajo.

Con el fin de adecuar el agua permeada a la normativa vigente y reducir la agresividad del agua producida en la Osmosis Inversa y así proteger los elementos de conducción al abastecimiento, se ha previsto una dosificación de cal con la cual se incrementará su pH hasta eliminar su agresividad.

Por tanto para remineralizar el agua se producirá la dosificación de una lechada de hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). El Hidróxido cálcico se dosificará de una lechada al 10% de concentración con una densidad de  $1,06 \text{ g/cm}^3$ , preparada a partir del producto sólido procurado por el distribuidor.

La cantidad a dosificar se obtiene de la abundancia de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  presentes en el permeado, añadiendo la cal hasta conseguir el valor de dureza de 150 ppm de  $\text{CaCO}_3$ ) estipulado en la norma. El cálculo efectuado en el Anexo A: Memoria de Cálculo apartad A.4.2.1, muestra que el caudal a administrar de lechada al 10% será de  $1,878 \text{ m}^3/\text{día}$  (78,25 L/h) para todo el caudal de permeado producido y  $0,938 \text{ m}^3/\text{día}$  (39,09 L/h) para el permeado producido por la mitad de los bastidores.

El problema de la adición de la lechada es que si no se adiciona correctamente puede subir el pH, ya que las reacciones que se darán son:



Para que no suba el pH la concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua debe ser alta para que el equilibrio se desplace a la derecha y así sea mínima la cantidad de grupos  $\text{OH}^-$  libres. En base a esto el lugar de la anexión es justo tras los bastidores de ósmosis inversa antes del depósito de agua producto, ya que en la caída al tanque de agua producto se puede reducir la concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua.

#### 7.3.4. Post-cloración.

El agua producto será almacenada en depósitos y distribuida por un sistema de tuberías con lo que corre el riesgo de contaminarse, por ello al dedicar a abastecimiento urbano como agua potable es ineludible realizar un tratamiento de desinfección.

Esta desinfección distinta de la del pretratamiento, la normativa sanitaria exige la presencia de cloro residual en la red. De esta manera la desinfección es una cloración para cumplir con la normativa sanitaria. La característica principal del cloro para su uso como desinfectante es su presencia continua en el agua como cloro residual.

Además, el cloro no solo actúa como desinfectante, sino que también reacciona con otros elementos presentes en el agua, como amoníaco, hierro, manganeso y otras sustancias productoras de olores y sabores, mejorando la calidad del agua.

En este sentido existen distintas formas de post-cloración siendo la adición de hipoclorito sódico ( $\text{NaOCl}$ ) el procedimiento más barato y más extendido. La dosis recomendada de producto es de  $4,9 \text{ g/m}^3$  de agua producto, así la dosis que se administrará es  $0,03069 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $1,28 \text{ L/h}$ ) por carril de producción y  $0,0614 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $2,56 \text{ L/h}$ ) para el global.

Se aprovechará la misma solución usada en el pretratamiento. La inyección se localizará como hemos dicho en el permeado saliente de los bastidores, tras el aditamento del hidróxido cálcico antes del tanque de agua producto.

### 7.3.5. Equipos.

#### 7.3.5.1. Depósitos.

Todos los depósitos de los reactivos químicos empleados en la Estación Desaladora de agua de mar se han elegido de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA) que fabrica depósitos de almacenaje con gran variedad tanto de materiales como de capacidades.

Los elegidos en el proyecto son de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio se emplean a menudo debido a su buena relación entre resistencia y peso. Además de sus altas propiedades mecánicas y su escaso peso, ofrecen propiedades conocidas en todo el mundo tales como mayor flexibilidad, fácil ensamblaje e instalación, gran aislamiento eléctrico y térmico, resistencia a la corrosión, escaso mantenimiento, si lo hubiera, y unos bajos costes globales a lo largo de su vida útil, que hacen que los materiales compuestos PRFV sean los materiales elegidos para numerosas aplicaciones, desplazando así a los materiales tradicionales.

Existe la excepción del usado para el almacenaje de ácido sulfúrico, ya que debido a su agresividad química es de polietileno de alta densidad (PEAD). El depósito se encontrará en el interior de un cubeto recubierto interiormente de baldosa resistente al ácido y de capacidad al menos igual que la del depósito.

Las capacidades de los tanques se han elegido en función a la cantidad necesaria de dosificación global y en base al criterio de disponer de reactivo en los depósitos para veinte días. Exceptuando el recipiente para inhibidor que se estableció una autonomía de cincuenta días y el hidróxido cálcico que tendrá

una autonomía de veinte días distribuida en dos depósitos. Serán del tipo D cuya figura con sus dimensiones características aparece debajo.

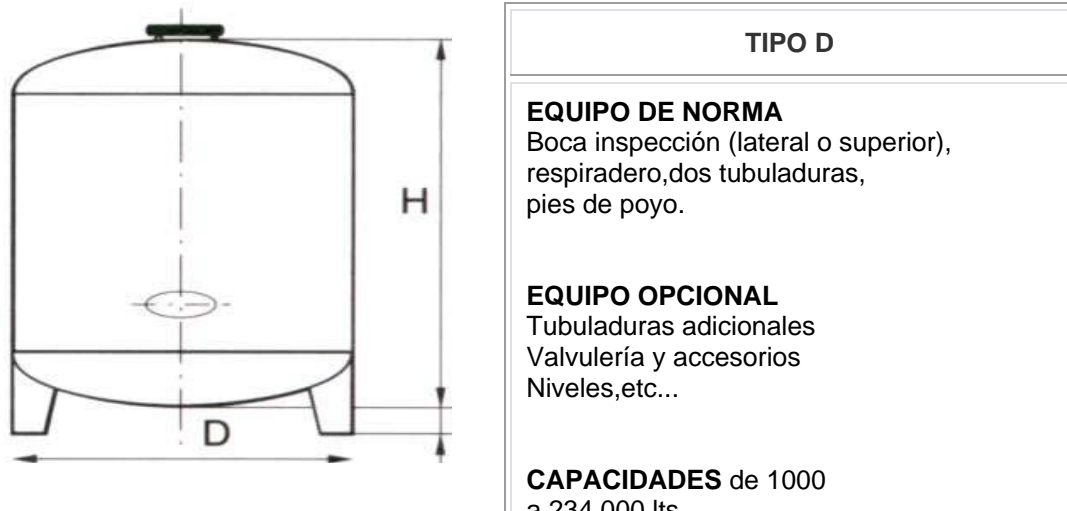


Figura 7.3.5.1.1. Depósito de tipo D.

Fuente: [www.aiqsa.com](http://www.aiqsa.com)

A modo de resumen del dimensionado de los depósitos de almacenaje de los reactivos químicos realizado en el Anexo A: Memoria de Cálculo en el apartado A.5.3, se dispone la siguiente tabla:

| Reactivo almacenado               | Material | Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|-----------------------------------|----------|---------------|-------|-------|
| Ácido sulfúrico                   | PEAD     | 6.000         | 1,400 | 4,075 |
| Bisulfito sódico                  | PRFV     | 7.000         | 1,700 | 3,239 |
| Cloruro férrico                   | PRFV     | 3.000         | 1,200 | 2,769 |
| Hipoclorito sódico pretratamiento | PRFV     | 10.000        | 2,000 | 3,316 |
| Hipoclorito sódico postratamiento | PRFV     | 3.000         | 1,200 | 2,769 |
| Inhibidor                         | PRFV     | 3.000         | 1,200 | 2,769 |
| Hidróxido cálcico                 | PRFV     | 19.000        | 2,500 | 4,157 |

Tabla 7.3.5.1.1. Depósitos de reactivos.

Como nota indicar que de hidróxido cálcico serán dos los depósitos.

### 7.3.5.2. Bombas dosificadoras.

Realizarán la dosificación de los reactivos a la línea. Los caudales que serán dosificados de cada producto químico usado en la Planta:

| Compuesto                         | Caudal (L/h   L/min) |          |
|-----------------------------------|----------------------|----------|
| Ácido sulfúrico                   | 5,66                 | 0,09433  |
| Hipoclorito sódico pretratamiento | 9,7                  | 0,1617   |
| Hipoclorito sódico postratamiento | 1,28                 | 0,0213   |
| Cloruro férrico                   | 2,84                 | 7,02     |
| Genesys HR                        | 1,0875               | 0,018125 |
| bisulfito sódico                  | 7,02                 | 0,117    |
| Hidróxido cálcico                 | 39,09                | 0,6515   |

Tabla 7.3.5.2.1. Caudal de dosificación de productos químicos.

La marca TrueDos® del grupo ALLDOS International AG será la proveedora de las bombas dosificadoras. El modelo que se empleará como se resalta en el apartado A.9.2.6 es el denominado TrueDos® 222-60D que tiene un caudal máximo de suministro de 60 L/h con una precisión de  $\pm 1,5\%$  a una presión máxima de 10 bar, con monitor de flujo. Se aprovisionarán 9 bombas dosificadoras, 7 para operación y dos de reserva.



Figura 7.3.5.2.1. Bomba dosificadora usada en la Estación Desaladora.

Fuente: [www.alldos.com](http://www.alldos.com)



Cuyas ventajas son:

- ❖ Introducción y visualización sencilla del rendimiento dosificador en l/h o gal/h con calibración perfecta, para un confort de manejo y una precisión sin igual.
- ❖ Dosificación equilibrada y cuasi continua, para una alta calidad de procesos y una mezcla óptima de medios.
- ❖ Para medios altamente viscosos se ofrecen dos niveles Slow Mode y combinaciones especiales de bombas.
- ❖ La tecla de visualización de la cantidad dosificada permite un control óptimo del consumo de productos químicos.
- ❖ Bajos costes de energía gracias a la tecnología de motores EC de máxima eficacia.
- ❖ Dispositivo de seguridad contra la sobrepresión, con ajuste digital de la contrapresión máxima admisible, que provoca la desconexión de la bomba.
- ❖ Óptima seguridad mediante sistema de membrana doble.
- ❖ Reducción drástica de variantes y piezas de repuesto: 1 motor, 1 transmisión y 2 tamaños de cabezal dosificador completan toda la serie.
- ❖ Rango de configuración 1:800.
- ❖ Múltiples funciones para individualizar aplicaciones de clientes: control de señal de contacto y analógica, dosificación por cargas o por temporizador, etc...
- ❖ Interfaces analógicas y digitales sin recargo de precio

Una ventaja más es su ya experimentada valía en dosificación de productos químicos para el tratamiento de aguas como son los ácidos, lejías, agentes de la floculación y asistentes, precipitando agentes y desinfectantes.

Para ampliar la información y obtener detalle de sus dimensiones ver el apartado B.8.1 del Anexos B: Datos Técnicos.

### 7.3.5.3. Agitador.

se utilizarán agitadores verticales con el objetivo de homogenizar las soluciones que son preparadas en la instalación. Estas son la solución limpiadora de Genesol 37 y la solución de hidróxido cálcico, y sus volúmenes a homogenizar serán 16 m<sup>3</sup> y 19 m<sup>3</sup> respectivamente.

En el apartado A.7.2. de la Memoria de Cálculo se realiza la selección de los agitadores entre los disponibles en la empresa Savino Barbera S.A. Dicha empresa oferta para una velocidad media el modelo AG100 132M 4P que tiene una potencia de 7,5 KW.

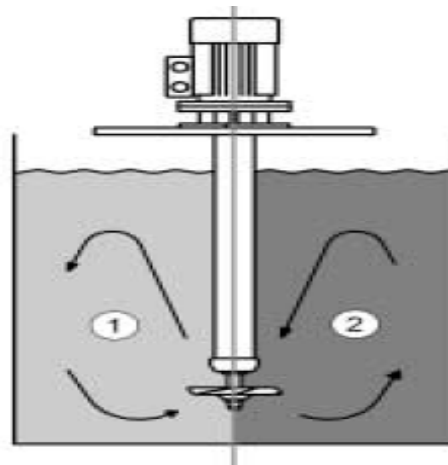


Figura 7.3.5.3.1. Funcionamiento del mezclador AG100 132M 4P

Fuente: [www.savinobarbera.com](http://www.savinobarbera.com)

Características técnicas:

- ❖ Construidos con un largo de hasta 3 metros.
- ❖ Con brida de apoyo de PVC.
- ❖ Suministrados con velocidad de rotación de 2800 a 600 revoluciones en función del servicio que deben cumplir.
- ❖ Exclusión de cualquier riesgo de pérdida externa del líquido.

❖ Excelente funcionamiento incluso con lodo o con líquidos con sólidos en suspensión no abrasivos, también en la ejecución con forros de desgaste.

Los agitadores AG están disponibles con partes constructivas en PP, PVC y PVDF según los líquidos que se deben tratar y la compatibilidad química solicitada por las operaciones de agitación.

#### 7.3.5.4. Mezcladores estáticos.

Es importante para mejorar la eficacia del proceso global de desalación que los productos químicos usados en el pretratamiento se mezclen bien en la corriente de agua, para ello se suele disponer mezcladores estáticos tras la inyección de los mismos. Haciéndonos eco de una nueva tecnología de Sulzer, originada por su división Sulzer Chemtech, instalaremos el mezclador estático CompaX.

El diseño consiste en un dispositivo de eficiencia de mezcla alta con el punto de dosificación integrado, el aditivo es introducido en la zona donde se genera el un fuerte flujo turbulento, asegurando así una mezcla homogénea con un solo elemento de corta longitud. Lejos del metro mínimo de longitud que presentan los mezcladores convencionales.

Las características siguientes hacen el Sulzer CompaX una solución ventajosa y eficiente para nuestras necesidades de mezcla:

- ❖ Distancia necesaria para la mezcla muy corta.
- ❖ Independiente del cociente de viscosidades que se mezcla, se alcanza una mezcla homogénea una distancia río abajo del mezclador igual a 3 diámetros de la tubería.
- ❖ Pérdida de presión baja (10 - 100 mbar).
- ❖ Longitud extremadamente corta de la instalación ( $0,3x D_{\text{tubería}}$ ).
- ❖ Facilidad y bajo coste de instalación.

- ❖ Dosificación simple del aditivo.
- ❖ Construcción robusta y sin partes móviles.
- ❖ Fácil de limpiar.
- ❖ Excelente relación precio/funcionamiento.



Figura 7.3.5.4.1. Funcionamiento del mezclador CompaX

Fuente: [www.sulzerhemtech.com](http://www.sulzerhemtech.com)

Se inyectarán reactivos en los tramos AM/L-01/BP, AM/L-02/BP, AM/L-03/BP y AP/E-27/BP. Para el tramo de captación podría no ser necesario por la caída al depósito que genera turbulencia. A pesar de ello ante la posibilidad de no ser suficiente la misma y por el bajo coste del dispositivo se instalarán.

El dimensionado para el mezclador de tramo AM/L-01/BP comenzará con el cálculo de la longitud. La longitud del elemento como se ha dicho es un 30% del diámetro de la tubería. En la tabla siguiente se esquematiza los resultados obtenidos para los tramos donde se utilizarán.

| TRAMO      | $D_N$ (mm) | $L_{\text{Mezclador}}$ (m) | $V$ (m/s) | $\Delta P$ (mbar   m) |      |
|------------|------------|----------------------------|-----------|-----------------------|------|
| AM/E-01/BP | 200        | 0,06                       | 2,303     | 119,53                | 1,22 |
| AM/L-02/BP | 250        | 0,075                      | 2,947     | 195,73                | 1,99 |
| AM/L-03/BP | 250        | 0,075                      | 2,947     | 195,73                | 1,99 |
| AP/E-27/BP | 200        | 0,06                       | 2,696     | 163,08                | 1,67 |

Tabla 7.3.5.4.1. Longitud y caída de presión de los mezcladores CompaX.

#### **7.4. Unidad de ósmosis inversa.**

Se ha previsto una instalación de ósmosis inversa compuesta por dos líneas de proceso gemelas con una conversión del 60,14% de cada una se obtendrá una producción de 7.516,99 m<sup>3</sup>/día, para un total de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día. El proceso constará de las etapas que se detallan en los apartados siguientes.

##### **7.4.1. Membranas, bastidores y tubos a presión.**

Las membranas de osmosis inversa se instalarán en bastidores metálicos, los cuales están constituidos por una estructura metálica. Sobre esta estructura metálica se distribuirán los distintos tubos de presión, de la marca Codeline modelo OCTA 80R120 debidamente sujetos para evitar posibles desplazamientos como consecuencia de los golpes de ariete que se producen en los arranques de la instalación.

Dentro de los tubos de presión irán en número de seis las membranas de Hydranautics modelo SWC4+.

Los bastidores sujetan también tanto los colectores de alta presión de alimentación y rechazo, como los de baja presión de agua producto.

En los puntos altos de la instalación se ha previsto válvulas de purga para la eliminación del aire en los arranques de la instalación. En la parte inferior de los bastidores se han dispuesto canaletas para recoger los goteos de fugas y conducirlos al drenaje general.

En el Anexo B: Datos Técnicos apartados B.2 y B.7 se puede ver las características de membranas y tubos de presión respectivamente.

Las características más significativas son las que expresamos en la tabla siguiente:

| Modelo | Configuración         | Material  | Rechazo sales mínimo (R) | Área nominal           |
|--------|-----------------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| SWC4+  | Arrollamiento espiral | Poliamida | 99,8%                    | 400 (ft <sup>2</sup> ) |

Tabla 7.4.1.1. Características membranas.

Tendremos la disposición siguiente en el proceso de ósmosis inversa:

|   |                                    |                              |
|---|------------------------------------|------------------------------|
| <b>Nº Membranas Total</b>                                   | 558                                |                              |
| <b>Nº Tubos presión Total</b>                               | 93                                 |                              |
| <b>Nº TP (etapa 1/etapa 2)</b>                              | 62                                 | 31                           |
| <b>Nº Bastidores (etapa 1/etapa 2)</b>                      | 2                                  | 1                            |
| <b>Nº Tubos presión por bastidor</b>                        | 31                                 | 31                           |
| <b>Nº Membranas por bastidor</b>                            | 186                                | 186                          |
| <b>Caudal permeado por bastidor</b>                         | 2.505,66 (m <sup>3</sup> /d)       | 2.505,66 (m <sup>3</sup> /d) |
| <b>Caudal permeado por etapa</b>                            | 5.011,32 (m <sup>3</sup> /d)       | 2.505,66 (m <sup>3</sup> /d) |
| <b>Caudal permeado por línea</b>                            | 7.516,99 (m <sup>3</sup> /d)       |                              |
| <b>Caudal permeado Total</b>                                | <b>15.033,98 (m<sup>3</sup>/d)</b> |                              |
| <b>Conversión por etapa (y<sub>1</sub> / y<sub>2</sub>)</b> | 40,09%                             | 33,46%                       |
| <b>Conversión Total (y)</b>                                 | <b>60,14%</b>                      |                              |
| <b>Salinidad</b>  | <b>386,83 mg/l</b>                 |                              |

Tabla 7.4.1.2. Características membranas.

#### 7.4.2. Bombas de alta presión.

La instalación presenta unos requerimientos altos en cuanto a presión y caudal. Por tanto como se menciona en el apartado de selección de dicha bomba en los cálculos hidráulicos, se montarán dos bombas en serie por cada línea, donde cada una proporcionará la mitad de la altura útil necesaria.

Por lo tanto la bomba seleccionada debe operar en unas condiciones de 392,62 m y suministrar un caudal de 520,84 m<sup>3</sup>/h, así la impulsión de agua de

mar pretratada a las membranas de ósmosis inversa se realizará a través de un grupo de bombeo marca Itur, modelo HPW con presión máxima hasta 60 bar. Gastarán una potencia de 538,997 KW cada una desquitando la recuperada por la turbina.

El modelo HPW, es una bomba centrífuga multicelular horizontal de alta presión, con compensación hidráulica del empuje axial mediante platillo y contraplatillo. Impulsores cerrados. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura. Para bombeo de fluidos limpios o agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas.

Más información puede ser encontrada en el apartado B.8.2. del Anexo A: Memoria de Cálculo.

#### 7.4.3. Sistemas de recuperación de energía.

Se ha previsto instalar turbinas Pelton para recuperar la energía de la salmuera, que de otra forma se perdería, y reducir el consumo energético de la instalación. Así se ubicará una turbina en cada línea por la que pasará la totalidad del rechazo.

La turbina Pelton es el equipo más eficiente para la recuperación de energía comparado con las bombas invertidas o turbinas a contrapresión, manteniendo un rendimiento superior al 85 %.

La selección se puede ver en el apartado A.10 del Anexo A: Memoria de Cálculo, a partir de los datos de presión y caudal de las corrientes de rechazo, y mediante una gráfica proporcionada por el fabricante, Wasserkraft Volk AG.

La turbina seleccionada tendrá las siguientes características:

- ❖ Rango de altura caída de 30 m a 1000 m.
- ❖ Potencia hasta aproximadamente 15,000 KW.

- ❖ Suministros de una, dos, cuatro, cinco o seises inyectores.
- ❖ Diseños con eje horizontal o vertical.
- ❖ Marcha dinámica excelente gracias a deflector de chorro.
- ❖ Diseños de 2 o 4 cojinetes, son suministrables.
- ❖ Excelente capacidad para asimilar fuertes variaciones de caudales.
- ❖ Diseñada para ser empleada bajo condiciones severas de calidad de agua (sedimentos y arena).
- ❖ Geometría del chorro optimizada para obtener el más elevado rendimiento.
- ❖ Ajuste de posición de aguja de inyector con mando eléctrico o hidráulico.
- ❖ Rodete fabricado de acero altamente resistente al desgaste, de acero fundido o acero al cromo.
- ❖ Sistema de empaquetadura de eje libre de mantenimiento.



Figura 7.4.2.1. Características de la bomba de alta presión.  
Fuente: [www.wkv-ag.com](http://www.wkv-ag.com)

La regulación de carga de la turbina Pelton se realiza regulando el paso de caudal de las boquillas de alimentación variando la apertura y por tanto el diámetro del chorro de agua. La simplicidad de la instalación facilita su mantenimiento.

De esta manera para el caudal total producido por vía en la Planta, igual a  $4.983,01 \text{ m}^3/\text{d}$  ( $57,67 \text{ L/s}$ ), teniendo en cuenta un 85% de rendimiento, la turbina recuperará una potencia de 697 KW de ahorro en las dos líneas.



La potencia recuperada en las turbinas es baja en comparación con plantas de menor conversión ya el efecto de una mayor presión del rechazo a recuperar no contrarresta el menor caudal por la alta conversión del proceso de ósmosis inversa. Por tanto se aumentará el coste en energía al recuperar menos pero se aumentará el beneficio por la venta de un mayor caudal de agua producto.

### **7.5. Depósito intermedio y depósito de almacenamiento de agua producto.**

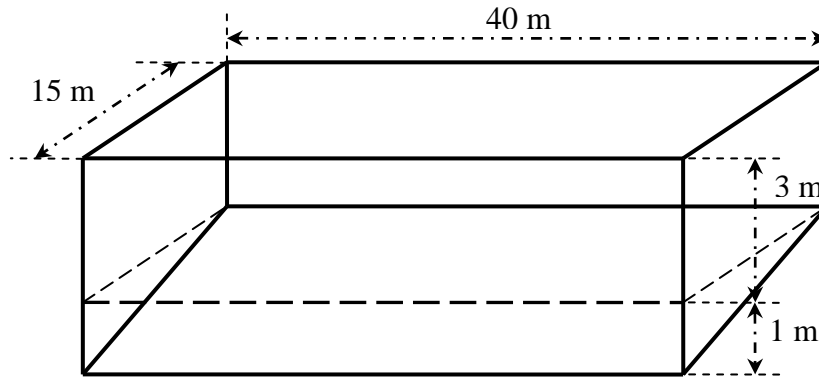
#### **7.5.1. Depósito intermedio.**

Lo lógico y el diseño más eficiente sería una alimentación directa de las bombas a las líneas del proceso. A pesar de esto la posibilidad de un bombeo con fluctuaciones hace necesario la construcción de un depósito intermedio o de alimentación, sobre todo cuando las tomas se realizan en pozos que pueden sufrir oscilaciones importantes de caudal a lo largo del tiempo o incluso en breves periodos. Con este depósito se minimiza el efecto de posibles fluctuaciones y se garantiza un mejor funcionamiento de la instalación.

La Estación Desaladora de agua de mar objeto de este proyecto presenta tomas de agua mediante pozos y por los motivos descritos en el párrafo anterior se procederá a la construcción en hormigón armado de un depósito intermedio semienterrado. A dicho depósito llegarán dos tuberías con el agua aporte captada.

El objetivo es almacenar el agua aportada por las bombas de captación durante dos horas y como consecuencia producir un abastecimiento continuo de la Planta durante ese periodo. En dos horas las bombas de captación

aportan 2.083,33 m<sup>3</sup>. Por tanto las dimensiones del mismo serán las que figuran en la figura de abajo:



Capacidad = 2.100.000 L

Figura 7.5.1. Dimensiones del depósito intermedio.

#### 7.5.2. Depósito de almacenamiento de agua producto.

Desde el depósito de almacenamiento de agua producto no se distribuye solo es un depósito de acumulación del agua producto antes de su bombeo hacia la estación distribidora municipal. Se suele dar una capacidad de dos a cuatro horas de producción que es el tiempo que se estima para solventar contratiempos en las bombas de impulsión hacia él, en el presente proyecto se ha decidido que dos horas son suficientes.

Este tanque debe tener unas características que no estropee las propiedades concedidas al agua producto. Será seleccionado de los existentes en el catálogo de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA).

El depósito elegido es del tipo "BIG-TANK" fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, que puede ser usado para almacenar agua potable. Entre las distintas posibilidades atendiendo a nuestros requerimientos y por las razones expresadas en el Anexo A: Memoria de Cálculo en el

apartado A.5.2, el depósito tendrá un volumen de 1.500.000 L, y ostentará las dimensiones expresadas en la tabla que sigue:

| Capacidad (L) | D (m)  | H (m)  |
|---------------|--------|--------|
| 1.500.000     | 10,000 | 18,640 |

Tabla 7.5.2. Dimensiones depósito intermedio

El modelo "BIG-TANK" es un cilíndrico vertical que se fabrica en virolas cilíndricas que se superponen "in situ" unas sobre otras, formando el cilindro completo, dichas virolas se construyen en dimensiones que por deformación elástica se convierten en transportables, igualmente ocurre con el fondo superior que se suministra partido en dos o más piezas. La base suele ser plana o de cualquier otra forma parecida, debido a que se estratifica directamente sobre el basamento del depósito.



Figura 7.5.2. Depósito Big-Tank para agua producto.

Fuente: [www.aiqsa.com](http://www.aiqsa.com)

## **7.6. Impulsión del permeado y agua producto y vertido del rechazo.**

### **7.6.1. Impulsión del permeado.**

El agua desalada saliente de los bastidores que constituye el permeado deberá ser conducida al tanque de almacenamiento del agua producto. En la primera etapa el caudal de permeado producido estará fijado en 5.011,32 m<sup>3</sup>/día y el total de una línea de producción será 7.516,99 m<sup>3</sup>/día, por tanto la cantidad total de permeado producido en la Instalación Desaladora será 15.033,98 m<sup>3</sup>/día.

El transporte hacia el depósito de agua producto se llevará a cabo mediante las tuberías P/L-N/BP y P/17/BP, donde "N" es la sucesión de dígitos desde doce hasta dieciséis.

#### **7.6.1.1. Bomba de impulsión.**

En el tramo P/17/BP se situará la bomba de impulsión del permeado, la cual impulsará el caudal mencionado y desarrollará una altura útil de 30,35 metros, para lo que gasta una potencia de 66,316 KW. La bomba seleccionada en el apartado A.9.2.3.2 del Anexo A: Memoria de Cálculo es de la compañía Bombas Itur S.A. el modelo de bomba es el modelo INP.

Éste modelo de bomba, es una bomba centrífuga de proceso ("médium duty"), según ISO-2858 y tamaños complementarios. Impulsor cerrado o semiabierto, permite inductor para mejorar el NPSHr. Rodamientos lubricados por aceite. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura con diversos planes API. Fluidos limpios, o agresivos, o con partículas sólidas. Diseño de proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

Sus prestaciones según el proveedor serán:

| concepto |                   | ejecución estandar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 100-350            | 100-350           |
| DNd      | mm                | 80-300             | 80-300            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 1600               | 1600              |
| H        | m                 | 150                | 150               |
| p        | bar               | 16                 | 16                |
| t        | °C                | -5 +110            | -15 +200          |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

Figura 7.6.2.1.1. Prestaciones máximas de la serie HP.  
Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)

#### 7.6.2. Impulsión del agua producto

El agua desalada obtenida en la Estación Desaladora objeto del presente proyecto será almacenada en el depósito de agua producto, desde dicho almacenamiento y a través del tramo AP/E-27/AP se bombeará hasta la estación de distribución de la red urbana municipal. El caudal que abandona la Planta es 15.033,98 m<sup>3</sup>/día.

Antes de salir de la Planta se someterá al postratamiento de remineralización y post-cloración. Tras la inyección de estos reactivos el agua estará en disposición de ser destinada a consumo público.

##### 7.6.2.1. Bomba de impulsión.

Para la impulsión del agua producto se dispondrá una bomba marca Itur S.A, para más detalles el mismo modelo que para impulsión del permeado. Se usará la serie INP, la cual para una potencia de 191,725 KW ofrece una altura útil de 87,75 metros.

Sus prestaciones aparecen en la siguiente figura:

| concepto |                   | ejecución estandar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 50-200             | 50-200            |
| DNd      | mm                | 40-150             | 40-150            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 700                | 800               |
| H        | m                 | 580                | 580               |
| p        | bar               | 60                 | 60                |
| t        | °C                | -5 +150            | -5 +230           |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

Figura 7.6.2.1.1. Prestaciones máximas de la serie HP.  
Fuente: www.itur.es

### 7.6.3. Vertido del rechazo.

La salmuera resultante en el proceso de desalación será vertida al mar por medio de un emisario submarino, que consistirá en una conducción de poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV). Se llevará hasta el punto de vertido situado a unos 200 metros de la línea de costa y unos 10 metros de profundidad.

Con las recomendaciones hechas en el estudio del impacto ambiental. La conducción se bifurcará en el extremo del vertido para garantizar y asegurar una dilución rápida y adecuada con el fin de evitar la afección del entorno marino.

### 7.7. Tuberías.

Las tuberías de la instalación deben permitir el transporte del agua desde el punto de captación hasta los bastidores, así como de los dos flujos que se originan tras el proceso, el producto hasta el depósito de almacenamiento y la salmuera al punto de vertido, además de la distribución y dosificación de agua de servicio y reactivos químicos respectivamente.

Las tuberías empleadas en las diferentes partes del tratamiento se han previsto de los siguientes materiales:

Agua de mar a baja presión: Poliéster con fibra de vidrio (PRFV).

Agua de mar a alta presión: Acero inoxidable AISI-316 L.

Agua permeado y agua producto: Poliéster con fibra de vidrio (PRFV).

Salmuera a alta presión: Acero inoxidable AISI-316 L

Salmuera a baja presión: Poliéster con fibra de vidrio (PRFV).

Ácido sulfúrico: Polietileno de alta densidad (PEAD).

Reactivos: Polietileno de baja densidad (PEBD).

Sus dimensiones y más información se reflejan en el apartado A.6 del Anexo A: Memoria de Cálculo.

#### 7.7.1. Baja presión

Las tuberías de baja presión las forman primeramente las cuatro tuberías que unen los cuatro pozos de captación con el depósito intermedio de regulación que se encuentra ubicado ya en la Planta de tratamiento. En esta tubería se ha instalado un medidor de caudal que permite controlar el caudal de agua bombeado hasta la Planta de tratamiento. También se dispondrá un medidor de temperatura y otro de conductividad con el objetivo de obtener información del TDS del agua captada. A parte existirán los medidores de presión antes y después de cada bomba.

A continuación están las tuberías que unen las bombas que impulsan el agua del mar desde el depósito intermedio de regulación hasta los filtros de malla, a los cuales se controlará el caudal que toman con un medidor de caudal, además de la presión a la entrada de los filtros de malla y antes y después de la bomba de impulsión. En este tramo se inyectará el cloruro férrico, el punto de inyección estará constituido por un mezclador Sulzer

CompaX para diluir y homogenizar la inserción del reactivo a fin de conseguir mayor eficiencia y ahorrar producto.

Posteriormente está el colector que une los filtros de malla con los filtros de cartuchos. En este tramo se realiza la inyección de antiincrustante o inhibidor y también está prevista la inyección de bisulfito sódico. Al igual que en el caso de cloruro férrico mediante mezclador estático de Sulzer seleccionado para la instalación. Se realizará un control de presión diferencial en los filtros de cartuchos.

Después está el colector desde los filtros de cartucho hasta la aspiración de la bomba de alta presión. En un punto suficientemente alejado del de inyección se ha instalado una batería de instrumentos para control final del agua de alimentación a las membranas. Se dispondrá un medidor de potencial redox, que compruebe la decloración del agua de alimentación a las membranas, un medidor de pH y un medidor de conductividad. Asimismo se ha instalado un medidor de caudal que permitirá medir el caudal de agua de alimentación a las membranas.

Tras el proceso de ósmosis inversa esta la conducción de recogida del permeado de los distintos tubos de presión que lo conducen hasta el depósito de almacenamiento o regulación. En dicha tubería se instalarán medidores de caudal con el fin de medir tanto el caudal producido por la primera etapa en cada una de las líneas, como el producido por la segunda etapa también en cada una de las líneas. Así mismo se instalan un medidor de conductividad para verificar la calidad del permeado.

Igualmente será de baja presión la tubería de salmuera que conecta la salida de la turbina Pelton con el punto de vertido controlado. Tal como se ha indicado anteriormente, el material de construcción de dichas tuberías de agua salada es PRFV debido a la alta corrosividad y en ellas se ubicará con la



función de proporcionarnos información y así controlar nuestro vertido, un medidor de conductividad, un medidor de flujo, un medidor de pH y temperatura.

Fuera de la línea de producción estarán las conducciones de trasvase de agua producto hasta los depósitos municipales. En ellas se realiza la dosificación de hidróxido cálcico y de hipoclorito sódico mediante el mezclador de Sulzer utilizado en anteriores inyecciones. Como medidas de control se dispondrán de medidores de caudal, ph y conductividad tras la inyección para disponer de las características del agua producida finalmente.

A parte estarán las conducciones para el lavado de las membranas que como todas las tuberías de baja presión descritas en este subapartado hasta ahora serán de PRFV, designadas como DIN 16965-1 Clase A por la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A.

También de baja presión estarán las tuberías de dosificación de los reactivos químicos a las líneas y la de suministro de agua de servicio. Se aprovisionarán por la empresa Tuborama 2004 y estarán fabricadas de PEBD, código 0108014 para todos los reactivos químicos y el inhibidor, de PEAD modelo PE-100 MRS-100 código 0108153 para la dosificación de ácido sulfúrico, y de PEBD código 0108020 para la conducción de agua de servicio de la Planta.

#### 7.7.2. Alta presión.

Las tuberías de alta presión de las líneas de producción las forman las tuberías que unen las bombas de alta presión con los bastidores, las tuberías de rechazo de la primera etapa y alimentación de la segunda y la tubería de retorno de la salmuera hasta la turbina de recuperación.

A la entrada de los bastidores con el objetivo de controlar la presión se instalará un medidor de presión y en el colector que lleva el rechazo a la turbina se situarán medidores de caudal, conductividad y presión.

También son de alta presión los colectores múltiples que distribuyen el agua de alimentación del bastidor entre cada uno de los tubos de presión de las membranas de ósmosis inversa.

Tal como se ha indicado anteriormente, el material de construcción de dichas tuberías es acero inoxidable AISI-316L, adecuado a la alta corrosividad y alta presión, y se adquirirán a la empresa Proinox.

Para facilitar el desmontaje para inspección, limpieza o recambio, se ha previsto que la unión de las membranas a los tubos de alimentación sea mediante juntas rápidas tipo vic-taulic.

## **8. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA.**

El funcionamiento de la instalación precisa de unos elementos de medida para comprobar que la misma cumple con las prescripciones que ha sido diseñada. Es decir las especificaciones relativas al caudal y calidad del agua producida y al consumo energético y de reactivos de la instalación.

Pero también, teniendo en cuenta que las características del agua a tratar tienen una incidencia muy importante en el proceso, es muy importante controlar la misma a lo largo de las distintas fases del pretratamiento previas a su entrada a las membranas.

También una instalación de estas características cuenta con instrumentos que permiten comprobar si el funcionamiento de los distintos

equipos instalados es correcto con el fin de prevenir fallos en las instalaciones y avisar sobre posibles averías que pueden ocasionar daños de importante repercusión económica.

Para el control de las diferentes fases del tratamiento se han incluido los siguientes instrumentos de medición y control:

### **8.1. Válvulas.**

Se ha dispuesto para el control y regulación del caudal circulante por las conducciones de la instalación el uso de tres tipos de válvulas.

Se colocarán válvulas de compuerta, para regulación del flujo en tuberías de baja presión. Soportan muchos cierres y aperturas, cierre hermético, bajo coste y sencillez de operación. Compuerta con un vástago roscado perpendicular al flujo. Para regulación del flujo en las tuberías de alta presión, se dispondrán válvulas de globo. Al ser de múltiples vías se usaran para las uniones de tuberías de baja presión con tuberías de alta presión del sistema de lavado de membranas. Para evitar el retorno del fluido, se montarán válvulas de retención.

Las ubicaciones de las válvulas serán:

- ❖ Válvula de retención pasada cada bomba.
- ❖ Válvula de compuerta antes de cada bomba y después de la válvula de retención, en tuberías de baja presión.
- ❖ Válvula de globo en las tuberías de alta presión y en su unión con tuberías de baja presión.

### **8.2. Caudal**

Se realizaran mediciones del caudal en los siguientes puntos:

- ❖ Entrada de agua de mar al depósito de alimentación.

- ❖ Impulsión de bomba de trasvase de agua de alimentación.
- ❖ Entrada de agua de mar a Osmosis inversa.
- ❖ Agua permeada en la primera etapa de cada línea.
- ❖ Agua permeada en la segunda etapa de cada línea.
- ❖ Salmuera de rechazo de las dos turbinas.
- ❖ Impulsión de agua producto.

### **8.3. Presión**

Las mediciones de presión se situarán en:

- ❖ Presión diferencial entre alimentación y rechazo salino de la línea de Osmosis Inversa.
- ❖ Presión diferencial en filtros de malla y de cartucho.
- ❖ Presión de alimentación bomba alta presión.

### **8.4. Temperatura.**

- ❖ Agua bruta captada, a la entrada del depósito intermedio.
- ❖ Alimentación a la línea de Osmosis Inversa.
- ❖ Salmuera de rechazo de las dos turbinas.

### **8.5. Conductividad.**

Mediante esta medición sabremos el TDS del agua, por tanto se realizará en:

- ❖ Agua de mar en la entrada al depósito de alimentación.
- ❖ Agua de mar a la entrada del tratamiento de ósmosis inversa.
- ❖ Agua permeada en las líneas de Osmosis Inversa, tanto en la primera como en la segunda etapa.
- ❖ Salmuera de rechazo de las dos turbinas.

## 8.6. pH

Es fundamental el conocimiento del pH en el agua bruta captada para su pretratamiento, en el agua de alimentación de las membranas en el agua producto que se vende.

- ❖ Impulsión de la bomba de captación con regulación de la dosificación automática de ácido sulfúrico.
- ❖ Agua de alimentación de los bastidores.
- ❖ Agua producto en las líneas de ósmosis inversa.
- ❖ Salmuera de rechazo de las dos turbinas.

## 8.7. Potencial redox.

Un medidor de potencial redox nos servirá para comprobar la decoloración, por tanto serán instalados en el agua de alimentación a las membranas.

## 8.8. Niveles.

Para el control del llenado y consumo de los depósitos se establece:

- ❖ Medidor de nivel en pozos de captación.
- ❖ Medidor de mínimo en depósitos de reactivos químicos.
- ❖ Medidor de mínimo en depósito de lavado de membranas.
- ❖ Medidor de nivel en depósito intermedio.
- ❖ Medidor de nivel en depósitos de agua producto.

La disposición y número de cada uno de los instrumentos de medición y control de la Planta se pueden ver en el plano "Instrumentación de la Planta".

## **9. UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

### **9.1. Ubicación.**

La Planta Desaladora objeto de este proyecto se situará en el término municipal de Roquetas de Mar.

Roquetas de Mar es una localidad de la provincia de Almería, Andalucía, España. En el año 2005 contaba con 65.886 habitantes, sin embargo en la época estival duplica su población alcanzando los 150.000 habitantes según el Instituto de Estadística de Andalucía. Su extensión superficial es de 60 km<sup>2</sup> y tiene una densidad de 1.098,1 hab/km<sup>2</sup>. Sus coordenadas geográficas son 36° 46' N, 2° 36' O. Limitando con los municipios de Enix, Vícar, La Mojonera y El Ejido. Se encuentra situada a una altitud de 10 metros y a 19 kilómetros de la capital de provincia, Almería.

Según el consumo establecido de 250 litros diarios por habitante la Planta que producirá 15.033,98 m<sup>3</sup>/día podría abastecer a 60.135 habitantes, cantidad que es el 91,27% de la población con residencia en el municipio durante todo el año y el 40,09% de la población estival.

La ubicación tanto del municipio dentro de la geografía andaluza como la ubicación de la desaladora dentro del territorio municipal del mismo se puede observar en los planos uno y dos respectivamente del Documento N° 2: Planos.

### **9.2. Distribución en planta.**

La distribución de equipos en la Estación Desaladora será la representada en el plano número tres “Distribución en planta” del Documento

Nº 2: Planos, el cual se ha elaborado con criterios como aproximar los quipos contiguos en el proceso productivo, facilitar el acceso a equipos y movimiento por parte del personal en la Planta y agrupar equipos iguales para facilitar su mantenimiento.

## **10. SEGURIDAD EN LA PLANTA.**

Se hará un estudio básico para la elaboración del proyecto, donde identificaremos riesgos y se propondrán medidas preventivas generales, ya que puede ser difícil y llevar a errores elaborar un estudio de prevención de riesgos laborales y salud en el trabajo sin realizar un estudio previo del funcionamiento de la Planta.

Sin embargo una vez puesta en marcha la instalación se deberá hacer un estudio concienzudo y minucioso sobre prevención de riesgos laborales y salud en el trabajo.

### **10.1. Identificación de riesgos laborales.**

En este apartado procederemos a la tipificación de los riesgos asociados a estaciones desaladoras:

- ❖ Manejo de maquinaria y equipos, y ruido generado por soplantes de aire, bombas de alta presión y en general por el funcionamiento de los restantes equipos de la Planta.
- ❖ Manejo de cargas pesadas y trabajos repetitivos.
- ❖ Pisos resbaladizos en parte de la línea de producción.
- ❖ Manipulación de productos peligrosos como ácido sulfúrico, inhibidor, limpiadores para membranas, etc...
- ❖ Manejo de vehículos para transporte de los reactivos químicos necesarios.

- ❖ Contacto de los trabajadores con la corriente eléctrica.
- ❖ Riesgos de caída de algún operario al depósito intermedio.

La mayor frecuencia de accidentes que es baja se produce por golpes y cortes. Otros motivos de accidentes son el contacto por inhalación, contacto con la piel u ojos y por la ingestión d alguno de los reactivos químicos usados en la Planta. Las principales enfermedades laborales son lumbagos y problemas de pérdidas de audición.

## **10.2. Medidas preventivas recomendadas.**

Las medidas generales para mejorar la salud ocupacional, las condiciones de trabajo y la seguridad son:

- ❖ Entrenamiento e instrucciones a los trabajadores en las técnicas y principios de un trabajo seguro.
- ❖ Distribución de ropas especiales de trabajo y los complementos de seguridad (mascaras, protectores auditivos, botas, etc...).
- ❖ Se utilizarán instalaciones fijas como duchas de emergencia y lavaojos de emergencia para evitar en la medida de lo posible los efectos causados por el contacto de algún operario con los citados reactivos. Estos equipos estarán debidamente señalizados y se colocarán en dirección a la salida.
- ❖ Optimización de la higiene.
- ❖ Optimización de las condiciones de trabajo, enfocado a áreas de trabajo climatizadas y lugares para descanso.
- ❖ Rotación de trabajo y mejora de la gestión de la organización.
- ❖ Reducción de los tiempos de exposición de los trabajadores.
- ❖ Reducción de los niveles de ruidos y uso de protectores.
- ❖ Pisos ásperos y colocación de barandillas para evitar resbalones y caídas, tanto del mismo nivel como de niveles distintos.
- ❖ colocación de protecciones de seguridad de las máquinas.



❖ Señalización adecuada de:

- Medios de extinción de incendios.
- Salidas, duchas y lavaojos de emergencia.
- Riesgos latentes.
- Depósitos tanto de productos químicos, como de almacenamiento de agua de aporte y agua producto.

En lo referente a riesgo eléctrico, definiendo éste como la posibilidad de circulación de corriente eléctrica por el cuerpo humano, se usarán las medidas de protección contra los contactos directos. Se entiende como tal el contacto de personas con partes activas de los materiales y equipos con elementos por los que circula habitualmente electricidad, como medidas protectoras tenemos:

- ❖ Alejamiento de las partes activas de la instalación.
- ❖ Interposición de obstáculos.
- ❖ Aislamientos de las partes activas.

No deben de caer en olvido los contactos directos, definiéndolos como el contacto de personas con elementos puestos accidentalmente en tensión, en este caso las medidas protectoras serán:

- ❖ Disposición que impida paso de corriente por el cuerpo humano.
- ❖ Limitación de la intensidad que pudiera circular a un valor no peligroso.
- ❖ Corte automático de la corriente cuando se produzca una tensión de defecto.

### **10.3. Almacenamiento de productos químicos.**

#### **10.3.1. Generalidades y legislación**

La problemática del almacenamiento seguro de los productos químicos, puede circunscribirse a cubrir las necesidades de uso en un tiempo, al de stock de reserva del mismo, o bien, de un almacén de reactivos. Las indicaciones de tipo general que siguen, se refieren a un hipotético almacén centralizado, que concentrará por si mismo el mayor riesgo. A partir de éste, cada responsable de almacén adecuará su propio ámbito de trabajo según estime más oportuno.

El Real Decreto 668/1980 del Ministerio de Industria y Energía, sobre Almacenamiento de Productos Químicos, publicado en el Boletín Oficial del Estado de 20/5/82, desarrolla las bases para las Instrucciones Técnicas Complementarias, publicadas con posterioridad.

Hasta el presente se han dictado las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC):

- ❖ MIE - APQ - 001 Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, BOE de 20/5/82 y correcciones posteriores.
- ❖ MIE - APQ - 002 Almacenamiento de oxido de etileno, BOE de 30/3/82 y corrección posterior.
- ❖ MIE - APQ - 003 Almacenamiento de cloro, BOE de 9/3/84 y correcciones posteriores.
- ❖ MIE - APQ - 004 Almacenamiento de amoniaco anhidro, BOE de 10/7/87 y diversas correcciones posteriores.
- ❖ MIE - APQ - 005 Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, BOE de 14/8/92 y corrección posterior.
- ❖ MIE - APQ - 006 Almacenamiento de líquidos corrosivos, BOE de 6/12/95 y correccion posterior.

Si bien todas estas ITC están principalmente dirigidas a los almacenamientos propiamente dichos de productos químicos, no se excluye que determinados aspectos afecten también a los laboratorios, principalmente en lo que hace referencia a los líquidos inflamables y en gases comprimidos.

Considerando que el peligro de incendio es el principal riesgo de un almacén de reactivos químicos, debemos fijar nuestra atención en la MIE - APQ - 001, y en particular en sus apartados Almacenamientos en interiores y en Sistemas de protección. A este respecto, dentro de dicha ITC, habrá que tener en consideración la singularidad del almacenamiento de productos de uso para laboratorios, tanto por la diversidad como por la relativamente poca capacidad de los envases. De la misma manera y cuando corresponda a la actividad del laboratorio en cuestión, habrá que considerar las prescripciones de la MIE – APQ - 005, referida al almacenamiento de gases comprimidos. De forma estricta, las indicaciones de peligrosidad prescritas para el almacenamiento de productos químicos, corresponden al sistema de Naciones Unidas para el transporte de mercancías peligrosas, las cuales difieren gráficamente de las descritas en el capítulo anterior, referidas a la manipulación de productos químicos peligrosos.

De todos modos, dada la coincidencia de ambos sistemas, en cuanto al significado de las indicaciones de peligrosidad y teniendo en cuenta que tratamos de almacenamientos generalmente ya desprovistos de su embalaje exterior, consideramos perfectamente válidos los pictogramas de manipulación existentes en las etiquetas de los envases.

### 10.3.2 Características del almacén.

Sabido es que los incendios pueden iniciarse por causas diversas, tales como puntos de ignición (llamas, chispas, calor, etc.) o debido a determinadas

reacciones químicas (por mezcla fortuita, descomposición, incidencia de la luz solar, etc.). Para paliar los efectos destructivos que todo incendio causa, la solución ideal es la de disponer de dos almacenes, uno para inflamables, perfectamente instalado y otro para los no inflamables. De acuerdo a la ITC mencionada, sea en un almacén exclusivo para inflamables o conjunto de productos para laboratorio, inflamables y no inflamables, las condiciones óptimas del mismo son:

- ❖ Edificio de una planta.
- ❖ En lo posible no contiguo a otros edificios.
- ❖ Provisto de dos puertas como mínimo.
- ❖ Instalación eléctrica e iluminación antideflagrante o dotada de seguridad intrínseca.
- ❖ Ventilación normal y forzada.
- ❖ Medios de extinción de incendios.
- ❖ Recomendable con refrigeración ambiental.
- ❖ Provisto de estanterías metálicas.

### 10.3.3 El almacenamiento

Los productos se almacenarán a ser posible, en envases y embalajes originales, en estanterías metálicas, ubicando en cada una de ellas y por separado, las sustancias inflamables, las corrosivas, las venenosas y las oxidantes. Para reforzar esta separación, pueden intercalarse productos no peligrosos entre cada uno de los sectores de peligrosidad existentes.

La colocación en las estanterías, se efectuará de modo que cada peligrosidad de las consideradas "compatibles", ocupe una estantería en toda su carga vertical. Se pretende con ello que la posible caída y rotura de un envase, sólo afecte a otros productos de igual peligrosidad, o cuando menos, no incompatible (valga la generalidad del término). Véase el apartado 5

(Incompatibilidades químicas). A este respecto y a título de ejemplo, recuérdese el riesgo de incendio que suelen entrañar las sustancias oxidantes al mezclarse fortuitamente con muy diversos productos, combustibles o no.

La altura máxima de almacenado de los productos inflamables, dejará libre como mínimo 1 m entre la parte superior de la carga y el techo del local.

Bajo condiciones de almacenamiento en el propio laboratorio, deben utilizarse armarios de seguridad para los productos que entrañan mayor riesgo, inflamables, corrosivos y tóxicos.

De la misma manera se recomiendan los recipientes de seguridad, generalmente de acero inoxidable, para los disolventes muy inflamables. Tanto en este caso como en los que los productos se hallan sobre las propias mesas de trabajo, es absolutamente necesario separar al máximo posible los productos previsiblemente incompatibles entre sí,

En este sentido, véase las indicaciones respecto a incompatibilidades químicas.

#### **10.4. Seguridad frente a los reactivos químicos**

Para el estudio de la manipulación de los reactivos químicos tenemos que guiarnos por las fichas internacionales de seguridad, estas fichas se encuentran en su totalidad en el Anexo B: Datos Técnicos en el apartado B.5. en ellas se puede obtener información mas detallada.

En ellas se recogen desde su denominación hasta propiedades, tanto químicas como físicas, y por supuesto sus riesgos y medidas de manipulación y prevención para evitarlos. En este parte sólo destacaremos los aspectos relacionados con la seguridad.

#### 10.4.1. Manipulación del hipoclorito sódico.

Es un líquido de color amarillo verdoso con olor picante, a lejía. Se debe impedir todo contacto con la sustancia. Si se producen vapores aerosoles, evitar inhalarlos y proceder a ventilación en lugares cerrados.

Tiene un almacenamiento limitado, hay posibilidad de presión interior. A tener en cuenta su sensibilidad a la luz.

##### ❖ Identificación de peligros.

En contacto con ácidos libera gases tóxicos. Provoca quemaduras.

##### ❖ Primeros auxilios.

- Tras inhalación: Aire fresco. Avisar al médico.
- Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.
- Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.
- Tras ingestión: Beber abundante agua (hasta varios litros), evitar vómitos (Riesgo de perforación). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

#### 10.4.2. Manipulación del ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso incoloro de olor ligeramente picante, corrosivo, incompatible con metales, tejidos de plantas y de animales. Su almacenamiento es limitado.

❖ Identificación de peligros

Producto no peligroso según la Directiva 67/548/CEE.

❖ Primeros auxilios

- Tras inhalación: aire fresco.
- Tras contacto con la piel: limpiar con agua corriente. Eliminar la ropa contaminada.
- Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. Avisar al oftalmólogo.
- Tras ingestión: beber abundante agua si la víctima está conciente (hasta varios litros). Avisar al médico.

10.4.3. Manipulación de la solución de cloruro férrico.

El cloruro férrico es un líquido de color pardo rojizo con olor picante, extremadamente higroscópico.

❖ Identificación de peligros.

Nocivo por ingestión. Irrita la piel. Riesgo de lesiones oculares graves.

❖ Primeros auxilios.

- Tras inhalación: Aire fresco.
- Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.
- Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua y párpados abiertos. En caso de persistir los dolores, llamar al oftalmólogo.
- Tras ingestión: Beber abundante agua y llamar al médico.

#### 10.4.4. Manipulación de la solución de bisulfito sódico.

Es un líquido amarillento de olor penetrante, ligeramente ácido. Se debe evitar todo contacto con la sustancia y toda inhalación de vapores aerosoles. En caso de producirse estos proceder a ventilación en lugares cerrados.

❖ Identificación de peligros.

Nocivo por ingestión. En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

❖ Primeros auxilios.

➤ Tras inhalación: Aire fresco.

➤ Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.

➤ Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. En caso necesario, llamar al oftalmólogo.

➤ Tras ingestión: Beber abundante agua, provocar vómito y llamar al médico.

#### 10.4.5. Manipulación de hidróxido cálcico.

El hidróxido cálcico es un producto solido blanco inodoro, sensible a la humedad, disolución exotérmica con agua.

❖ Identificación de peligros.

Riesgo de lesiones oculares graves.

❖ Primeros auxilios.

➤ Tras inhalación: Aire fresco.

➤ Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.



- Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. Llamar al oftalmólogo.
- Tras ingestión: Hacer beber inmediatamente agua abundante (varios litros según el caso). Consultar al médico.

#### 10.4.6. Manipulación del inhibidor (GENSYS HR).

Es un compuesto organo-fosforado líquido ligeramente amarillento y de olor aromático. Es corrosivo y por tanto se debe evitar el contacto con piel y ojos.

##### ❖ Primeros auxilios.

- Contacto con ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos. Llamar a un especialista si persiste la irritación
- Contacto con piel: Lavar inmediatamente el área afectada con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quitar la ropa contaminada.
- Inhalación: Situarse en un lugar con aire puro. Si persisten los síntomas conseguir atención médica.
- Ingestión: Lavar la boca con agua y beber abundante agua. Conseguir atención médica.

##### ❖ Protección Personal

- Respiración: Evitar respirar sus vapores o pulverizaciones.
- Manos: Utilizar guantes de PVC
- Ojos: Utilizar gafas de seguridad. Tener un sistema de lavado de ojos disponible.
- Piel: Vestir mono de trabajo
- Higiene Industrial: Trabajar de acuerdo a las buenas prácticas de higiene en la industria.

#### 10.4.7. Manipulación de Genesol 37.

Genesol 37 es un solución acuosa de ácidos inorgánicos de color amarillo claro y olor ligeramente picante (ácido). Es un producto corrosivo y por tanto en su manipulación se recomienda el uso de guantes y proteger cara y ojos.

##### ❖ Primeros auxilios.

➤ Contacto con ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua manteniendo los párpados abiertos durante 15 minutos y solicitar atención médica.

➤ Contacto con piel: Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Lavar el área afectada con agua y jabón, preferiblemente bajo una ducha. Acudir a un médico.

➤ Inhalación: Llevar a la persona afectada a una zona ventilada. Mantener al paciente bajo supervisión médica durante 24-48 h. Administrar oxígeno si aparecen dificultades respiratorias.

➤ Ingestión: No inducir al vómito. Lavar la boca con agua. Si el paciente está consciente darle a beber abundante agua. Solicitar asistencia médica.

##### ❖ Protección Personal

➤ Respiración: Ninguno establecido

➤ Manos: Utilizar guantes de PVC, neopreno o goma

➤ Ojos: Utilizar máscara de seguridad

➤ Piel: Total

➤ Higiene Industrial: Trabajar de acuerdo a las buenas prácticas industriales de la industria química.

## **11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

### **11.1 Disposiciones preliminares**

Las condiciones de protección contra incendios en los edificios y actividades dentro del ámbito territorial de la municipio de Murcia se regularán por la ordenanza municipal de protección contra incendios de Murcia y por la Norma Básica de la Edificación-Condición de Protección contra Incendios (NBE-CPI) en vigor en el momento de solicitud de licencia y cuantas normas y reglamentos sean de aplicación general en España, como es el caso del Real Decreto 786/2001, del 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Las actividades de prevención del incendio tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que pueden desencadenar el incendio. Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, minimizando los daños o pérdidas que pueda generar.

### **11.2 Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios.**

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

❖ Su configuración y ubicación con relación a su entorno: existen muy diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales, nuestra instalación industrial esta situada en un solo edificio, y según la clasificación es de tipo A.

Se define el tipo A como el establecimiento industrial que ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean éstos de uso industrial o bien de otros usos.

❖ Su nivel de riesgo intrínseco (que en este caso es bajo).

### **11.3 Protección**

#### **11.3.1 Protección activa contra incendios**

De acuerdo con el grado de riesgo intrínseco bajo, el artículo 25 indica que se colocarán extintores con un recorrido máximo entre la salida de evacuación y los mismos no superior a 15 m. Además en el interior de cada local se instalarán los extintores suficientes para que la longitud del recorrido real hasta alguno de ellos, no sea mayor a 15 metros en locales de riesgo medio o bajo (que es el caso que nos ocupa).

Cada uno de los extintores tendrá una eficacia como mínimo de 21 A – 113 B. Es recomendable disponer de al menos un extintor al lado del cuadro eléctrico con una capacidad de 5 Kg de CO<sub>2</sub>.

#### **11.3.2 Alumbrado de emergencia**

Para dar cumplimiento al Art. 29 del actual Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se instalarán un conjunto de aparatos autónomos de alumbrado de emergencia en los lugares oportunos. Estarán dotados de batería alcalina, de carga permanente mediante conjunto de transformador y rectificador, con autonomía de 1 hora y proporcionarán un nivel luminoso mínimo de 5 lux.

Irán conectados a una línea independiente a la del alumbrado normal, entrando automáticamente en servicio en caso de fallo de la corriente.

En las mismas puertas se colocarán rótulos indicativos de salida y en los demás puntos, rótulos de señalización de la misma.

### 11.3.3 Extintores

#### ❖ Emplazamiento:

Los extintores móviles deberán colocarse en aquellos puntos donde se estime que existe una mayor probabilidad de originarse un incendio, próximos a las salidas y siempre en lugares de fácil visibilidad.

Su emplazamiento será sobre soportes fijos en paramentos o pilares verticales, de forma que la parte superior del extintor quede como máximo a 1,70 m del suelo.

#### ❖ Adiestramiento del personal:

Los conocimientos básicos de utilización de extintores deberán ser proporcionados a todo el personal de la nave.

Cada uno de los integrantes de los Equipos de Seguridad contra incendios y Vigilantes del riesgo deberán hacer funcionar, como mínimo, un extintor de cada uno de los tipos que se encuentran en la nave, con una periodicidad de 12 meses. A ser posible, estas prácticas se realizarán sobre fuego real, para lo que es deseable la colaboración de la Entidad Aseguradora, el Instalador de los extintores y el parque de bomberos más próximo.

### 11.3.4 Plan de medidas preventivas y métodos de actuación en caso de emergencia.

#### ❖ Medidas Preventivas:

- Señalamiento de zonas con prohibición de fumar y empleo de útiles de ignición, así como control de su cumplimiento sistemático.

- Diariamente se procederá a la recogida, acumulación y eliminación de basuras y materiales de desecho en general, sobre todo los materiales combustibles.
  - Instrucción al personal sobre normativa de control de trabajos especiales que implique el empleo de llama abierta o afecten a las condiciones contempladas en la Ordenanza Municipal.
  - Control periódico de instalaciones eléctricas y de motores, de acuerdo con todas las reglamentaciones específicas que le afecten.
  - Mantenimiento de vías de evacuación libres de obstáculos.
- ❖ Métodos de actuación:
- Plan de mantenimiento:

Revisión y vigilancia de extintores, de forma que queden aseguradas permanentemente sus condiciones adecuadas de servicio. Se solicitará esta comprobación, y el correspondiente certificado, a Organismos competentes o empresas especializadas.

Comprobación de las condiciones de funcionamiento de alumbrado de emergencia, interruptores generales y señalización de vías de evacuación.

- Plan de actuación:

Recoge la normativa e instrucciones que habrán de seguirse en relación con la detección, alarma y extinción de incendios.

Determinación y adiestramiento de persona o personas bajo cuya responsabilidad se llevarán a cabo cada una de las actuaciones previstas.

➤ Plan de coordinación:

Al objeto de agilizar y reducir al mínimo los tiempos de intervención del Servicio de Extinción de Incendios y de Salvamento, se tendrán en cuenta, entre otros, los siguientes datos:

- Situación relativa al parque más próximo.
- Acceso al local.

El responsable será el encargado, o en su defecto aquella persona por él nombrada, de la comprobación del siniestro y de la evacuación de las personas del local.

➤ Plan de evacuación:

En caso de emergencia, se tendrá previsto un plan de evacuación, como el sistema de aviso y los diferentes escalones (emergencia parcial, total, etc.), con el fin de que esta evacuación pueda producirse dentro de los tiempos máximos previstos y de una forma ordenada.

Todos los planes antedichos serán dados a conocer al personal necesario, a los distintos niveles que sean precisos, mediante un Plan de Formación, en su aspecto teórico y práctico.

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio no superarán los 50 metros.

La pendiente de las rampas que se utilicen como recorrido de evacuación no será mayor que el 15 por 100.

### 11.3.5 Sistemas automáticos de detección de incendio.

Se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios en el sector de incendio de la zona que ocupa el proceso de ósmosis inversa, ya que el edificio es de tipo A con una superficie total construida es de 300 m<sup>2</sup> o superior.

En la zona de almacenamiento donde se almacenarán los productos químicos también se instalarán sistemas automáticos de detección. La ley exige que los haya cuando el edificio es de tipo A y la superficie del almacén es de 150 m<sup>2</sup> o superior.

En la zona de oficinas también se instalarán sistemas automáticos de detección al ser un edificio de tipo A.

### 11.3.6 Sistemas de comunicación de alarma.

Se instalará un sistema de comunicación de alarma basado en una señal acústica en todos los sectores de incendio al poseer la instalación una superficie construida de todos los sectores de incendio superior a 10.000 m<sup>2</sup>.

### 11.3.7 Señalización.

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.



### 11.3.8 Relación de normas UNE de obligado cumplimiento en la aplicación del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales

- ❖ UNE 23093-1:1998. Ensayos de resistencia al fuego. Parte I. Requisitos generales.
- ❖ UNE 23093-2:1998. Ensayos de resistencia al fuego. Parte II. Procedimientos alternativos y adicionales.
- ❖ UNE 23110/1:1996. Extintores portátiles de incendios. Parte I. Designación. Duración de funcionamiento.
- ❖ Hogares tipo de las clases A y B.
- ❖ UNE 23500:1990. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- ❖ UNE 23590:1998. Protección contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño e instalación.
- ❖ UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

## **12. PUESTA A PUNTO, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RENDIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.**

### **12.1. Puesta a punto.**

La puesta a punto forma parte del período de construcción y se dará por finalizada cuando funcionen todos los elementos y equipos de la Planta. En este período se efectuarán las pruebas de los diferentes sistemas.

La Planta será puesta en marcha por técnicos expertos en instalaciones de Osmosis Inversa, asistidos por oficiales especialistas en equipos mecánicos y eléctricos como bombas, válvulas, motores, etc... La duración de este período de puesta a punto será de ciento veinte días.

## **12.2. Pruebas de funcionamiento y rendimiento.**

Las pruebas de funcionamiento y rendimiento se iniciarán a partir de la finalización del período de puesta a punto. Su fin es determinar la capacidad de la Planta para funcionar en continuo de un modo correcto y continuo.

La Planta estará atendida por técnicos expertos en instalaciones de Osmosis Inversa, que serán los mismos de la puesta a punto y estarán asistidos por oficiales especialistas en equipos mecánicos y eléctricos.

La duración de este período será de quince días.

## **12.3. Mantenimiento de la Planta.**

Los trabajos de la planta deberán ser adecuadamente programados de modo que se eviten accidentes con daños a personas. Se optará de esta forma tanto por un mantenimiento preventivo como por un mantenimiento predictivo. El mantenimiento correctivo deberá ser lo menos frecuente posible.

A pesar del coste añadido que supondrá inicialmente este tipo de mantenimiento. El número de averías, paradas imprevistas de los equipos y emergencias se reducirá notablemente una vez puesta en marcha la Planta Desaladora, disminuyendo el coste de las reparaciones. El mantenimiento incluirá tanto tareas de mantenimiento general como tareas de mantenimiento específico. Su periodicidad podrá ser modificada una vez la planta esté en funcionamiento y se compruebe la necesidad de cada tarea, por lo que lo propuesto a continuación siempre será susceptible de ser modificado y mejorado durante la fase de explotación de la planta.

A continuación se detallaran las tareas de mantenimiento mínimas a realizar, sin que esto impida la actualización periódica del plan de

mantenimiento en función de las necesidades que vayan surgiendo en la planta.

Recibirán un tratamiento especial las operaciones de mantenimiento de los filtros de malla, cartuchos y de las membranas de osmosis inversa.

### 12.3.1. Mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento preventivo programado se realizaran tareas basadas en inspecciones y sustituciones periódicas de los diferentes componentes de las unidades en función del nivel de desgaste previsto. Algunas de las tareas programadas son:

- ❖ Engrase de rodamientos (ejes de motor, bombas, etc...)
- ❖ Cambios de aceite en los equipos que requieren lubricación
- ❖ Limpieza de las palas de agitación de la lechada de cal.
- ❖ Revisión y calibrado de elementos sensores.
- ❖ Revisión de los equipos de emergencia y evacuación.

En el mantenimiento preventivo durante paradas de la planta se llevarán a cabo tareas de mantenimiento que por su dificultad, duración o necesidad específicas, requieran un mayor intervalo de tiempo que el resto de tareas de mantenimiento. Algunas de las tareas de mantenimiento a realizar de esta forma serian:

- ❖ Limpieza del interior de las unidades
- ❖ Sustitución de los elementos estancos de goma de las válvulas.
- ❖ Limpieza del deposito intermedio y del de almacenamiento del agua producto
- ❖ Limpieza de las tuberías
- ❖ Desmontaje de las bombas y turbinas Pelton.
- ❖ Sustitución de elementos desgastados.

### 12.3.2. Mantenimiento predictivo

Se aplicara a todos los equipos de la planta que estén en funcionamiento, recogiendo el mayor número posible de parámetros mecánico operacionales para detectar los posibles desgastes o averías que estén teniendo lugar en los equipos. Entre algunas tareas de mantenimiento predictivo a realizar estarían:

- ❖ Inspección de la tornillería y soldadura de los equipos.
- ❖ Revisión de la estanqueidad de todas la unidades de proceso.
- ❖ Revisión de la estanqueidad del cierre mecánico de las bombas y turbinas Pelton.
- ❖ Revisión de las posibles vibraciones y/o ruidos anormales de los equipos.

### 12.3.3. Lavado de membranas.

Cuando el rendimiento de una estación de desalación de ósmosis desciende por debajo de unos límites determinados es necesario limpiar las membranas para restaurar si es posible sus características primitivas de funcionamiento. Si las membranas se limpian nada mas producirse el ensuciamiento, su recuperación es posible. Si embargo si se sigue trabajando su deterioro puede ser irreversible ya que se produce una obstrucción importante que origina a su vez caminos preferenciales que impiden posteriormente que la solución de limpieza llegue a la suciedad o a los precipitados que es necesario eliminar.

La limpieza de las membranas no puede considerarse como procedimiento alternativo a un inadecuado pretratamiento, pues al aumentar la frecuencia de las limpiezas la membrana se acelera su deterioro y se reduce consecuentemente su vida media.

Las fuentes potenciales de ensuciamiento de las membranas son:

- ❖ Precipitaciones:
  - Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), hierro magnesio y aluminio.
  - Carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ).
  - Sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4$ ).
  - Sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ).
  - Sulfato de estroncio ( $\text{SrSO}_4$ ).
  - Fluoruro cálcico ( $\text{CaF}_2$ ).
- ❖ Depósitos: Partículas de gran tamaño y coloides.
- ❖ Otros: azufre, compuestos orgánicos, grasas y aceites.

Como norma general se realizará la limpieza como consecuencia de los siguientes factores:

- ❖ Alta presión diferencial entre alimentación y concentrado.
- ❖ Pérdida de productividad (bajo caudal de agua producida).
- ❖ Deterioro de la calidad del agua producida (alta conductividad).
- ❖ Periodos de parada prolongados, entendiéndose como tales más de una semana.

A parte de estas condiciones se realizan limpiezas periódicas programadas que se establecen en función del tipo de agua de alimentación, que dependerá de su origen. Existen distintos tipos de limpieza de membranas, pudiéndose distinguir entre dos grupos, limpieza física y limpieza química:

- ❖ Limpieza física:
  - Lavado con chorro de agua trasero, es un proceso de filtración inversa. Se hace fluir el permeado a presión a través de las membranas en sentido contrario. Se usa para eliminar partículas en los poros.
  - Lavado con chorro de agua delantero, las membranas son lavadas en sentido ordinario de la filtración. El propósito es la eliminación de la capa de

contaminantes formada en la membrana por medio de la creación de turbulencias y un flujo tangencial a su superficie.

❖ Limpieza química: Otro sistema como hemos dicho es la limpieza química, las membranas son empapadas con una solución limpiadora durante unos minutos y después se aplica un chorro de agua delantero o trasero que enjuaga los contaminantes. Los productos químicos usados en la limpieza deben ser los apropiados al agente causante del ensuciamiento y además la cadencia y el tiempo de duración es distinto según el tipo de ensuciante presente. Son tres tipos de lavados que se aplican a las membranas:

- Ácidos para la eliminación de precipitados inorgánicos.
- Alcalinos para ensuciamiento por materia orgánica.
- Lavados especiales por ensuciamientos biológicos.

Un método de limpieza más innovador es el llamado lavado por chorro de aire o por chorro de aire y agua. Este es un lavado por chorro delantero durante el cual se inyecta aire en el tubo de abastecimiento para aumentar la turbulencia y mejorar la limpieza. En la práctica, los métodos más adecuados son determinados por prueba y error.

En el presente proyecto se opta por un sistema que usará dos tipos de lavado, primero se realizará un lavado químico y posteriormente un lavado físico con chorro delantero.

En el lavado químico la solución limpiadora requerida depende de la causa del ensuciamiento, usualmente incrustaciones orgánicas e inorgánicas y a desarrollos biológicos. Por las particularidades de la toma de agua y por pretratamientos establecidos no se prevé que sea necesario un biocida. Por

tanto para el lavado de las membranas de la estación desaladora que se esta proyectando se usará Genesol 37.

Genesol 37 es comercializado por Genesys Membrane Products S.L. y ha sido desarrollado como un limpiador de incrustaciones tanto orgánicas como inorgánicas y depósitos de Hierro. Como ventajas presenta un amplio rango de aplicaciones, ser un producto de fácil manejo y aplicación y ser compatible con la mayoría de modelos de membranas. Además presenta lata efectividad en diluciones al 1-2%.

Como se expone en el apartado A.8 del Anexo A: Memoria de Cálculo cada ciclo de lavado tratará un bastidor de la primera etapa y el bastidor de la segunda etapa, de esta forma el bastidor de la segunda etapa de cada linea sufrirá dos lavados. Se proyecta de esta manera ya que al tratar el rechazo de la primera presentará mayores problemas de ensuciamiento, por tanto aunque se aconseja una limpieza individual, el lavado de bastidores se efectuará de forma que dicho bastidor se limpie en los dos ciclos de purificación de los bastidores que le preceden. Es conveniente alternar periodos de recirculación con periodos de remojo.

Si una vez esté funcionando la estación desaladora fuera necesario el uso de otro producto, sustituyendo o en combinación con el proyectado al disponer de la instalación de lavado, bastaría con preparar la disolución pertinente.

En esta primera fase se bombeará la solución limpiadora a baja velocidad a través de las membranas empapando bien las mismas. El sistema de bombeo constará de un depósito de capacidad de 16.000 litros, donde se preparará la solución limpiadora al 1,5%. El depósito estará provisto de electro-agitador y construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio. El rechazo del

bastidor puede ser recogido en el depósito de lavado para su recirculación durante el tiempo que dure este lavado y a su fin enviado a vertido.

El siguiente paso consistirá en un lavado en el sentido de la filtración, o sea, será un lavado físico con chorro delantero para eliminar incrustaciones superficiales y enjuagar las membranas del tratamiento químico mediante turbulencias y un flujo tangencial a la superficie.

El caudal de lavado por tubo de presión es de 5 m<sup>3</sup>/h, por lo que el caudal total de lavado será de 155 m<sup>3</sup>/h. Para ello del depósito de preparación aspirará un grupo de bombeo distribuido por Bombas Itur S.A. La bomba será el modelo ILS, se trata de una bomba centrífuga vertical In-Line, con las bocas de aspiración e impulsión en línea. Impulsor cerrado. Sellado por cierre mecánico. Incorpora bomba auxiliar de cebado. Para fluidos limpios o ligeramente agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas. Diseño de tipo proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor. Resumiendo la bomba impulsará un caudal de 155 m<sup>3</sup>/h desarrollando una altura útil de 30,075 m con un gasto de potencia de 14,293 KW.

Las prestaciones se especifican en la siguiente tabla:

| concepto |                   | ejecución<br>estandar | otras<br>ejecuciones |
|----------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| DNs      | mm                | 50-250                | 50-250               |
| DNd      | mm                | 32-200                | 32-200               |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 750                   | 875                  |
| H        | m                 | 95                    | 95                   |
| p        | bar               | 10                    | 10                   |
| t        | °C                | -5 +90                | -15 +140             |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000                  | 3600                 |

Figura 12.3.3.1. Prestaciones bomba sistema de lavado membranas.

Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)



Como elemento de seguridad en la línea de impulsión de las bombas de lavado, se instalará un filtro de cartuchos similar al incluido en la alimentación a la osmosis inversa, pero adecuado al caudal a tratar.

### 13. BIBLIOGRAFÍA.

- ❖ “Ósmosis inversa: fundamentos, tecnología y aplicaciones / Manuel Fariñas Iglesias” - Ed. Mc Graw Hill
- ❖ “Desalación de aguas salobres y de mar : ósmosis inversa / José Antonio Medina San Juan” - Ed. Mundi-Prensa, 2000.
- ❖ “La desalación como alternativa al Plan Hidrológico Nacional”
- ❖ <http://www.emalsa.es>
- ❖ <http://hispagua.cedex.es>
- ❖ <http://www.pure-aqua.com>
- ❖ <http://www.lenntech.com>
- ❖ IDA (International Desalination Association). Pagina Web: <http://www.ida.bm>
- ❖ <http://www.segulab.com>
- ❖ <http://www.savinobarbera.com/agitatori/index.html>
- ❖ <http://www.ingenieriaquimica.net/>
- ❖ <http://www.genesysro.com/>
- ❖ “Instituto de Higiene y Seguridad en el trabajo”. Página Web: <http://www.mtas.es/insht/>.
- ❖ <http://www.hidritec.com>
- ❖ <http://www.acinesgon.com>
- ❖ <http://www.flowtite.es>
- ❖ <http://www.proinox.es>
- ❖ <http://www.dvp.es>
- ❖ <http://www.timken.cp>
- ❖ “Asociación española de desalación y reutilización”. Página Web: <http://www.aedyr.com>

# ANEXO A

# MEMORIA DE

# CÁLCULO

## **ÍNDICE MEMORIA DE CÁLCULO**

### **A.1. DEFINICIONES Y ECUACIONES DE ÓSMOSIS INVERSA.**

**A.1.1. Definiciones y nomenclatura.**

**A.1.2. Relación entre los distintos parámetros.**

**A.1.3. Modelo matemático utilizado.**

**A.1.4. Ecuaciones básicas del proceso.**

**A.1.5. Polarización de la membrana.**

### **A.2. PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA.**

**A.2.1. Datos preliminares.**

**A.2.2. Selección de la membrana.**

**A.2.3. Superficie de la membrana.**

**A.2.4. Cálculo del flujo específico y número de membranas.**

**A.2.5. Conversión del sistema.**

**A.2.6. Cálculo del TDS de las corrientes.**

**A.2.7. Cálculo de la presión osmótica.**

**A.2.8. Normalización del sistema.**

**A.2.9. Resolución de los balances de materia.**

**A.2.10. Cálculo de la presión de alimentación y de diseño.**

**A.2.11. Otros parámetros del proceso.**

### **A.3. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS.**

**A.3.1. Introducción.**

**A.3.2. Filtración grosera.**

A.3.2.1. Pérdidas de carga en un filtro de malla.

**A.3.3. Filtración de afino.**

A.3.3.1. Pérdidas de carga en un filtro de cartuchos.

### **A.4. TRATAMIENTOS QUÍMICOS.**

**A.4.1. Pretratamientos químicos.**

A.4.1.1. Desinfección.

A.4.1.2. Ajuste del pH.

A.4.1.3. Reducción-Decloración.

A.4.1.4. Coagulación.

A.4.1.5. Inhibición.

**A.4.2. Pos-tratamientos químicos.**

A.4.2.1. Remineralización del permeado.

A.4.2.2. Post-cloración.

**A.5. DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS.**

**A.5.1. Depósito de alimentación.**

**A.5.2. Depósito de agua producto.**

**A.5.3. Depósitos de productos químicos.**

A.5.3.1. Hipoclorito sódico.

A.5.3.2. Ácido sulfúrico.

A.5.3.3. Bisulfito de sodio.

A.5.3.4. Cloruro férrico.

A.5.3.5. Genesys HR.

A.5.3.6. Hidróxido cálcico.

**A.6. DIMENSIONADO DE TUBERÍAS.**

**A.6.1. Tuberías de baja presión.**

**A.6.2. Tuberías de alta presión.**

**A.7. MEZCLADORES ESTÁTICOS Y AGITADORES.**

**A.7.1. Mezcladores estáticos.**

**A.7.2. Agitadores.**

**A.8. LAVADO DE MEMBRANAS.**

**A.9. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.**

**A.9.1. Pérdidas de carga.**

**A.9.2. Altura útil y selección de de bombas.**

A.9.2.1. Bomba de captación.

A.9.2.2. Bomba de alta presión.

A.9.2.3. Bombas de trasvase.

A.9.2.3.1. Bomba de impulsión de agua alimentación.

A.9.2.3.2. Bomba de impulsión de permeado.

A.9.2.3.3. Bomba de impulsión de agua producto.

A.9.2.4. Bomba del sistema de agua de servicio.

A.9.2.5. Bomba del sistema lavado de membranas.

A.9.2.6. Bombas dosificadoras.

**A.9.3. Cálculo de potencia de las bombas.**

**A.10. TURBINA DE RECUPERACIÓN.**

## **A.1. DEFINICIONES Y ECUACIONES DE ÓSMOSIS INVERSA.**

### **A.1.1. Definiciones y nomenclatura.**

Se hace necesario antes de continuar, la definición de conceptos que usaremos y que son muy importantes.

❖ Aportación (A): es la solución que alimenta las membranas de ósmosis inversa, también es conocida como “aporte”, “solución de aporte” o “solución a tratar”. El compartimiento que contiene esta solución se llama de “alta presión”, y la cara de la membrana en contacto con esta se le llama “lado de alta”. La nomenclatura usada para esta solución es:

- Caudal:  $Q_a$ .
- Concentración:  $C_a$ .
- Presión hidráulica:  $P_a$ .
- Presión osmótica:  $\pi_a$ .

❖ Permeado (P): es la solución que se obtiene al otro lado de la membrana, después de atravesarla. Al compartimiento que contiene la solución se denomina de “baja presión”, y la cara de la membrana en contacto con el “el lado de baja”. Se suele denominar también como “producto”, y su nomenclatura asociada es:

- Caudal:  $Q_p$ .
- Concentración:  $C_p$ .
- Presión hidráulica:  $P_p$ .
- Presión osmótica:  $\pi_p$ .

❖ Rechazo (R): es la solución resultado de concentrar la aportación, la porción que no puede atravesar la membrana. también se le suele llamar “concentrado” o “salmuera de rechazo”. Su nomenclatura ligada es:

- Caudal:  $Q_r$ .

- Concentración:  $C_r$ .
- Presión hidráulica:  $P_r$ .
- Presión osmótica:  $\pi_r$ .

❖ Coeficiente de permeabilidad (A): es el volumen (agua) que atraviesa la membrana por unidad de superficie, unidad de tiempo y unidad de presión a temperatura y salinidad determinadas y constantes. Se suele medir en  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{bar}$  o también en  $\text{m}/\text{d} \cdot \text{bar}$ .

❖ Porcentaje de recuperación (Y): es el cociente entre el caudal permeado y el caudal de aportación que llega a las membranas. También se le suele llamar factor de conversión. Se expresa en tanto por ciento pero no es raro verlo en tanto por uno.

$$Y = 100 \times \frac{\text{caudal de permeado}}{\text{caudal de aportacion}} = 100 \times \frac{Q_p}{Q_a}$$

❖ Porcentaje de rechazo de sales (R): es el cociente entre la concentración de la solución de aporte menos la de permeado y la concentración de la solución de aporte. Puede expresarse tanto en tanto por ciento como en tanto por uno.

$$R = 100 \times \frac{C_a - C_p}{C_a}$$

Expresado en tanto por uno sería:

$$r = \frac{C_a - C_p}{C_a} = 1 - \frac{C_p}{C_a} \Rightarrow C_p = (1 - r) \times C_a$$

❖ Porcentaje de paso de sales ( $P_s$ ): es el cociente entre la concentración de sales en el permeado y la concentración de sales en el aporte, expresado en tanto por ciento.

$$P_s = 100 \times \frac{C_p}{C_a}$$



En tanto por uno tendrá la forma:

$$P_s = \frac{C_p}{C_a} \quad \text{sustituyendo } r = 1 - \frac{C_p}{C_a} \quad \text{obtenemos } r = 1 - p \Rightarrow C_p = p \times C_a$$

❖ Factor de concentración ( $F_c$ ): es el número de veces que se concentran las sales en el rechazo de la ósmosis inversa. Su valor es igual al cociente entre las concentraciones de sales en el rechazo y en la solución de aporte.

$$F_c = \frac{C_r}{C_a}$$

### **A.1.2. Relación entre los distintos parámetros.**

Si consideramos constante la densidad de las distintas soluciones que intervienen, se pueden establecer una serie de relaciones entre los parámetros descritos en el apartado anterior. Estas relaciones serán vitales a la hora de realizar los cálculos para el diseño del presente proyecto.

Estableciendo el balance de masas tanto para la conservación del solvente como del soluto:

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_p + Q_r \\ Q_a \times C_a &= Q_p \times C_p + Q_r \times C_r \end{aligned}$$

De la definición de porcentaje de recuperación en tanto por uno:

$$Q_p = y \times Q_a \quad \text{como } Q_a = Q_p + Q_r \Rightarrow Q_r = (1 - y) \times Q_a$$

Partiendo de  $C_p = (1 - r) \times C_a$  y sustituyendo en la ecuación de conservación del soluto podemos llegar a la relación:

$$C_r = \frac{1 - (1 - r) \times y}{(1 - y)} \times C_a$$

La última relación aparece como consecuencia de sustituir la anterior en la expresión del factor de concentración:

$$F_c = \frac{1 - (1 - r) \times y}{(1 - y)}$$

Usando estas relaciones y los datos de partida para el diseño de nuestra IDAM de caudal de permeado y porcentaje de recuperación, podemos calcular el caudal de aporte y el caudal de rechazo:

$$Q_p = y \times Q_a$$
$$Q_a = Q_p + Q_r$$

Usando estos datos, la concentración de la aportación ( $C_a = 35.920,103$  ppm) obtenida en el apartado 4.1 de la memoria descriptiva y el dato de rechazo de sales de la membrana facilitado por el fabricante ( $R = 99,8\%$ ) podemos calcular  $C_r$  y  $C_p$ .

$$F_c = \frac{1 - (1 - r) \times y}{(1 - y)}$$
$$F_c = \frac{C_r}{C_a} \Rightarrow C_r = F_c \times C_a$$
$$C_p = (1 - r) \times C_a$$

### **A.1.3. Modelo matemático utilizado.**

Existen diversas teorías para explicar y describir el transporte de solvente (agua) y de soluto (sales) a través de una membrana semipermeable, cada una acorde al campo de aplicación del proceso en el que se usa dicha membrana. Para el proceso de ósmosis inversa, la más razonable y por tanto utilizada es la expuesta por Fariñas, expresa un modelo llamado de “solución-difusión”. Según este modelo cada componente de la solución a tratar se disuelve en la membrana según leyes de distribución y equilibrio conocidas,

difundiéndose a continuación a su través debido a las diferencias de concentración y de presión existentes a ambos lados de la membrana.

La difusión del agua y de las moléculas polares a través de la membrana sería el resultado de un mecanismo de formación y de destrucción de puentes de hidrogeno entre el agua o las moléculas polares por una parte u los grupos hidrófilos de la membrana por otra, por la acción de un gradiente de energía libre, también conocido como potencial químico, producido por la diferencia de presión.

Existe una variante de esta teoría conocida con el nombre de “sorción preferencial de flujo capilar”, utiliza consideración termodinámicas entre la membrana y las moléculas de la solución para explicar cuantitativamente el paso selectivo de estas moléculas.

Sin entrar mas en ninguna de las dos basta decir que ambas consideran básicamente que el soluto es rechazado en su mayor parte por la membrana mientras el solvente la atraviesa.

#### **A.1.4. Ecuaciones básicas del proceso.**

Las ecuaciones básicas que rigen el proceso, en cuanto al transporte a través de la membrana tanto del soluto como del solvente, provienen de las fuerzas que lo generan el fenómeno de difusión. El transporte del soluto es debido al gradiente de concentración y el paso de solvente regido por el gradiente de presiones impuestas.

##### ❖ Transporte de solvente.

Experimentalmente se comprueba que el flujo de solvente, como caudal por unidad de superficie, es proporcional al gradiente de la presión efectiva a traes de la membrana, es decir, a la diferencia entre la variación de la presión externa aplicad y la variación de la presión osmótica.

$$J_a = A \times (\Delta P - \Delta \pi)$$

Donde:

$J_a$ : flujo de solvente ( $m^3/d \cdot m^2$ ).

$A$ : coeficiente de permeabilidad del solvente ( $m^3/d \cdot m^2 \cdot bar$ ).

$\Delta P = P_a - P_p$  : diferencia de presión hidráulica entre ambos lados de la membrana (bares).

$\Delta \pi = \pi_a - \pi_p$ : diferencia de presiones osmóticas entre ambos lados de la membrana (bares).

$(\Delta P - \Delta \pi)$  : gradiente de presión efectiva a través de la membrana (bares).

❖ Transporte de soluto.

El flujo de soluto a través de la membrana de ósmosis inversa viene dado por la expresión:

$$J_s = J_a \times C_p = B \times (C_m - C_p) + M \times J_a \times C_m = B \times \Delta C + M \times J_a \times C_m$$

Donde:

$J_s$ : flujo de soluto ( $m^3/d \cdot m^2$ ).

$J_a$ : flujo de solvente ( $m^3/d \cdot m^2$ ).

$B$ : coeficiente de permeabilidad de la membrana al soluto ( $m^3/d \cdot m^2$ ).

$C_p$ : concentración del soluto en el permeado ( $Kg/m^3$ ).

$C_m$ : concentración de soluto en la superficie de la membrana ( $Kg/m^3$ ).

$M$ : coeficiente de acoplamiento (adimensional). Tiene un valor próximo a 0,005 para la mayoría de las membranas.

$\Delta C = C_a - C_p$ : diferencia o gradiente de concentraciones a través de la membrana ( $Kg/m^3$ ).

Como puede verse la ecuación es fruto de dos contribuciones, la primera ( $B \cdot \Delta C$ ) es debida a su difusión molecular y es proporcional al gradiente de concentraciones a través de la membrana. La segunda es convectiva debido al arrastre que produce el solvente.

Dividiendo la ecuación del transporte del soluto entre la ecuación del transporte del solvente obtenemos una ecuación que nos relaciona ambos flujos:

$$C_p = \frac{J_s}{J_a} = \frac{B \times \Delta C}{A \times (\Delta P - \Delta \pi)} + M \times C_m$$

Esta ecuación indica que la concentración del soluto en el permeado es directamente proporcional al gradiente de concentraciones a través de la membrana e inversamente proporcional al gradiente de presiones efectivas a través de la misma.

De mayúscula importancia es la relación entre el flujo de solvente y el coeficiente de rechazo, si operamos con las ecuaciones de los flujos y tenemos en cuenta expresión del coeficiente de rechazo alcanzamos:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{1-M} + \frac{B}{1-M} \times \frac{1}{J_a}$$

#### A.1.5. Polarización de la membrana.

El solvente sobre la membrana de ósmosis inversa fluye en dos direcciones una sobre la superficie de la membrana constituyendo inicialmente la corriente de aporte y posteriormente la de rechazo. La otra a través de la membrana dando lugar al flujo de permeado.

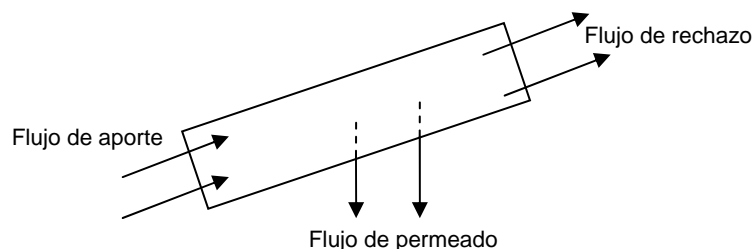


Figura A.1.5.1. Flujo en la membrana.

A medida que el permeado atraviesa la membrana las sales que contenía disueltas se quedan en las proximidades de su superficie. El soluto que no puede atravesar la membrana, deber ser arrastrado por la corriente de rechazo.

Ahora bien la velocidad del solvente en las proximidades de la superficie de la membrana es prácticamente nula, por lo que las sales solo pueden pasar de esta región a la corriente rápida del rechazo por difusión, o retrodifusión en este caso, dando lugar a una zona en la que la concentración de sales es mayor que la del resto de la solución. A esta zona se le llama “capa límite”.

Esta situación se conoce como polarización de membrana y al aumento de la concentración que sufre la solución en contacto con la membrana, se le llama concentración por polarización.

Las distintas sales que se difunden desde la superficie de la membrana hacia la corriente principal lo hacen a diferentes velocidades. La velocidad de difusión depende del tamaño del ión o de la partícula, de su carga y de su concentración. Los iones monovalentes se difunden mucho más rápidamente que los iones multivalentes.

Se define el factor de polarización por la expresión:

$$\beta = \frac{C_m}{C_{ma}} \text{ donde } \begin{cases} C_m : \text{concentración máxima de soluto en la superficie de la membrana.} \\ C_{ma} : \text{concentración media en la solución de aporte (corriente principal)} \end{cases}$$

Lo importante de la polarización de la membrana es los efectos que produce:

- ❖ Reduce, la presión constante, el flujo de solvente y, por tanto, el caudal de permeado ya que, al aumentar la concentración en la superficie aumente la presión osmótica disminuyendo la presión efectiva a través de la membrana.

- ❖ Aumenta el flujo de soluto a través de la membrana y la concentración del permeado al aumentar el gradiente de concentraciones.
- ❖ Aumenta el riesgo de precipitación de las sales poco solubles así como de los coloides y materias en suspensión sobre la superficie de la membrana.

Conviene por todo esto limitar la concentración en la capa límite de forma que  $\beta$  no supere el valor de 1,15. Para restringirlo lo haremos mediante los factores de los que depende, entre los cuales se encuentran:

- ❖ Permeabilidad de la membrana.
- ❖ Tipo de flujo (laminar o turbulento).
- ❖ Disposición geométrica de las membranas.
- ❖ Porcentaje de rechazo de sales de la membrana.
- ❖ Naturaleza de las sales rechazadas.

## **A.2. PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA.**

En este apartado se desarrollarán la mayoría de los cálculos necesarios para el diseño de la Estación Desaladora de Agua de Mar, la secuencia de debe tener el orden que siguen los subapartados siguientes.

Los cálculos se realizan para una vía que deberá producir la mitad de la producción requerida por el proyecto y luego se duplicarán para la segunda línea.

### **A.2.1. Datos preliminares.**

El diseño de la IDAM se hace partiendo del conocimiento de dos aspectos fundamentales. Uno es el análisis del agua que alimenta la Planta Desaladora y el otro la calidad del agua que se desea obtener.

Como se refleja en el apartado 4.1 de la memoria descriptiva las características del agua de mar que servirá de alimentación son:

| <b>DATOS AGUA ALIMENTACIÓN</b> |                                    |            |            |
|--------------------------------|------------------------------------|------------|------------|
| <b>Constituyentes</b>          |                                    | <b>ppm</b> | <b>Pmi</b> |
| <b>Calcio</b>                  | <b>Ca<sup>2+</sup></b>             | 410        | 40,08      |
| <b>Magnesio</b>                | <b>Mg<sup>2+</sup></b>             | 1.540      | 24,32      |
| <b>Sodio</b>                   | <b>Na<sup>+</sup></b>              | 10.760     | 23,00      |
| <b>Potasio</b>                 | <b>K<sup>+</sup></b>               | 390        | 39,10      |
| <b>Carbonato</b>               | <b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b> | 3          | 60,00      |
| <b>Bicarbonato</b>             | <b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> | 158        | 60,98      |
| <b>Sulfatos</b>                | <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> | 3.300      | 95,66      |
| <b>Cloruro</b>                 | <b>Cl<sup>-</sup></b>              | 19.350     | 35,45      |
| <b>Fluoruro</b>                | <b>F<sup>-</sup></b>               | 1          | 18,99      |
| <b>Sílice</b>                  | <b>SiO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> | 0,1        | 59,88      |
| <b>Estroncio</b>               | <b>Sr<sup>2+</sup></b>             | 8          | 87,62      |
| <b>Hierro</b>                  | <b>Fe<sup>2+</sup></b>             | 0,003      | 55,84      |

Tabla A.2.1.1. Constituyentes Principales del Agua de Mar

Lo que proporciona una TDS de 35920.103 ppm, además también es necesario conocer que el agua tendrá un pH de 7,5 y una temperatura media de 18°C. Otros datos que serán necesarios para los cálculos será el índice de turbidez, el que tendrá un valor de 1, y el SDI, cuantificado en 2.

En cuanto al deseo de las características y calidad del agua obtenida, serán las mínimas exigidas para el consumo humano en el anexo F del Real Decreto 1.138/1990 relativo al “Reglamentación Técnico-sanitaria para abastecimiento y control de la calidad de aguas potables y de consumo público” que determina una dureza total para aguas sometidas a desalación equivalente a 60 mg/L de calcio, lo que corresponde a 150 ppm de CaCO<sub>3</sub>.



Además se requiere un pH dentro del intervalo formado por las horquillas de 6,5 y 8,5. Otras exigencias de este Real Decreto son:

- ❖ TDS < 500 ppm
- ❖ Na<sup>+</sup> < 150 ppm
- ❖ Cl<sup>-</sup> < 200ppm

### **A.2.2. Selección de la membrana.**

Como deducimos en el apartado 5 de la memoria descriptiva, nuestra membrana será asimétrica, será una membrana orgánica y el polímero que la constituirá será poliamida aromática. Además las membranas irán en los tubos con una configuración de enrollamiento en espiral. Por lo tanto debemos buscar en el mercado un proveedor de membranas con estas características.

Tras comparar entre los proveedores de membranas Ami, Filmtec e Hydranautics, el proveedor de membranas será Hydranautics ya que posee mayor variedad de membranas además de tener éstas mejores características de operación. Para desalación de agua de mar por ósmosis inversa Hydranautics comercializa la serie de membranas SWC. Dentro de este tipo los modelos que más se acercan a nuestras necesidades son:

| Modelo    | Flujo de permeado |                   | Rechazo de sales (R) | Área nominal (ft <sup>2</sup> ) | P <sub>MAX</sub> Aplicación |      |
|-----------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|------|
|           | gpd               | m <sup>3</sup> /d |                      |                                 | psi                         | MPa  |
| SWC1-6040 | 2.200             | 8,33              | 99 %                 | 120                             | 1.000                       | 6,9  |
| SWC2      | 6.000             | 22,7              | 98,6 %               | 315                             | 1.200                       | 8,27 |
| SWC3+     | 7.000             | 26,5              | 99,8 %               | 400                             | 1.200                       | 8,27 |
| SWC4+     | 6.500             | 24,6              | 99,8%                | 400                             | 1.200                       | 8,27 |

Tabla A.2.2.1. Comparativa de membranas SWC.

Los modelos inferiores a SWC1-6040 no los tendremos en cuenta en el proceso de selección al tener muy poca área nominal, por tanto quedan rechazados a priori. Por encima del SWC4+ existe el SWC5 pero tampoco se tendrá en cuenta al considerar que su coste es elevado y las membranas que tomamos como abanico son suficientemente adecuadas para nuestro proceso de ósmosis inversa.

De los modelos viables el SWC1-6040 y el SWC2 tienen menor área nominal y menor porcentaje de rechazo de sales que las demás, suficientes motivos para descartarlas. Los dos modelos restantes poseen igual área nominal, porcentaje de rechazo de sales y presión máxima de aplicación, lo que nos deja como medida discriminadora el flujo de permeado.

El modelo SWC3+ tiene un flujo de permeado superior, de 7.000 gpd frente a los 6.500 gpd que presenta el modelo SWC4+. A pesar de esto en los bastidores los tubos de presión llevarán membranas SWC4+ ya que es un flujo suficiente.

Cabe la posibilidad de en un futuro operar con membranas SWC3+ si queremos un aumento de producción de permeado puesto que las dimensiones de ambos modelos son los mismos, bastaría con un rediseño de la presión.

### **A.2.3. Superficie de la membrana.**

La membrana tiene un límite de permeabilidad lo que se traduce en una limitación de capacidad de producción, que es función del material en el que esta construida y del proceso de fabricación. La capacidad de producción esta relacionada también con la superficie filtrante.

Por tanto, debe conocerse la superficie de cada membrana para colocar en cada instalación el número de membranas adecuado para la capacidad de la Planta y las condiciones del agua. El área de la membrana elegida, modelo SWC4+ de Hydranautics, es de 400 ft<sup>2</sup>.

#### **A.2.4. Cálculo del flujo específico y número de membranas.**

El flujo específico es el volumen de agua que atraviesa la membrana por unidad de tiempo y superficie, se representa por “J” y se determina a partir del caudal nominal de la membrana y de su área nominal. Este sería el flujo máximo.

$$J_{\max} = \frac{Q_n}{A_n}$$
$$J_{\max} = \frac{24,6 \text{ m}^3/\text{d}}{37,2 \text{ m}^2} = 0,661 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$$
$$J_{\max} = 0,661 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ d}} \times \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 27,56 \text{ L}/\text{m}^2 \text{ h}$$

Este será el flujo máximo de nuestras membranas, sin embargo las membranas nunca trabajan a flujo máximo, ya que el caudal de diseño será menor que el real debido a una serie de circunstancias que propician que sea menor, por eso es necesario tras realizar los cálculos efectuar un normalizado de los valores.

Las circunstancias que reducen el caudal nominal, y por tanto el flujo en las membranas, son función de la presión osmótica, entre otras variables. Como no la podemos estimar a priori sino a partir del TDS de las corrientes y por ende de la conversión de las etapas, la serie de cálculo comenzara con un cálculo apoyado en el flujo máximo como punto de partida y tras él una serie de iteraciones. Las iteraciones se truncaran en el momento que no hay cambios significativos en los valores de conversión de las etapas ni en los de la presión osmótica de las corrientes.

De acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, haremos en primer lugar el cálculo del número de membranas necesarias para un flujo idealizado igual al máximo.

Se calcula con la ecuación del flujo siguiente:

$$J_{\max} = \frac{Q_p}{N \times A} \Rightarrow N = \frac{Q_p}{J_{\max} \times A}$$

Donde:

A: área nominal de la membrana.

N: número de membranas.

$$N = \frac{Q_p}{J_{\max} \times A} = \frac{7.500 \text{ m}^3/d}{0,661 \text{ m}^3/m^2 d \times 37,2 \text{ m}^2} = 305,01$$

El número de membranas por cada tubo de presión normalmente es de 6 ó 7. En esta instalación introduciremos 6 debido que como el caudal de rechazo de una membrana es la alimentación de la que le precede y esto genera un gradiente en las condiciones de operación en la serie de membranas, en el TDS del agua aporte, y en la presión de alimentación entre otras.

El número de membranas final tiene que ser por tanto múltiplo de 6 y mayor del obtenido en los cálculos. Así conseguimos 306 membranas, por tanto el los tubos de presión serán:

$$\text{N}^\circ \text{ tubos de presión} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Membranas}}{\text{Membranas/TP}} = 306/6 = 51$$

Por norma se suele colocar en la primera etapa el doble de tubos de la segunda:

$$\text{N}^\circ \text{ tubos presión} \Big|_{\text{etp1}} = \frac{(51 \times 2)}{3} = 34$$

$$\text{N}^\circ \text{ tubos presión} \Big|_{\text{etp2}} = \frac{51}{3} = 17$$

$$\text{N}^\circ \text{ tubos presión/Bastidor} \Big|_{\text{etp1}} = \frac{34}{2} = 17$$

$$\text{N}^\circ \text{ tubos presión/Bastidor} \Big|_{\text{etp2}} = \frac{17}{1} = 17$$

Así la primera etapa contará con 34 tubos de presión y la segunda etapa constará de 17. Como el número de tubos de presión por bastidor es el mismo independientemente de la etapa:

$$\text{N}^\circ \text{ Membranas/Bastidor} \Big|_{\text{etapa}} = 17 \times 6 = 102$$

Cada bastidor tendrá un número igual de tubos de presión y cada tubo un número igual de membranas. Como hemos previsto dos bastidores en la primera etapa y uno para la segunda, al ser el número de tubos de presión el doble en la primera etapa se cumple que todos los bastidores independientemente de la etapa que estén poseen 17 tubos de presión y 102 membranas. Para la otra ruta de producción los valores serán los mismos.

#### **A.2.5. Conversión del sistema.**

La conversión del sistema es uno de los datos de partida, el proyecto fija que debe ser de un 60%. Como dijimos para conseguirla necesitamos un configuración en dos etapas, sin embargo esto no impide calcular a partir del caudal de permeado y el factor de conversión deseados el caudal de aporte necesario para obtener dicha conversión.

$$Y\% = \frac{Q_p}{Q_a} \times 100 \Rightarrow Q_a = 7.500 \text{ m}^3 \times \frac{100}{60} = 12.5000 \text{ m}^3$$

Esto es una conversión y un caudal de alimentación de partida. Los cálculos realizados no darán valores tan exactos pero deben ser lo mas aproximados posibles y siempre ser mayores que las exigencias del proyecto. La secuencia de cálculo para hallar las conversiones exige primero la obtención del caudal de permeado:

$$\begin{aligned} \frac{Q_p}{\text{Bastidor}} &= \text{N}^\circ \text{ Membranas/Bastidor} \times Q_n \\ \frac{Q_p}{\text{Bastidor}} &= 102 \times 24,6 \text{ m}^3/d = 2.509,46 \text{ m}^3/d \end{aligned}$$

A partir del caudal por bastidor en cada etapa hallamos el caudal de permeado producido en la etapa y de él la conversión de la etapa.

$$Q_p|_{etapa} = Q_p / \text{Bastidor} \times n^\circ \text{ bastidores}$$

$$Q_p|_{etp1} = 2.509,46 \text{ m}^3/d \times 2 \text{ bastidores} = 5.018,91 \text{ m}^3/d$$

$$y|_{etp1} = \frac{Q_p|_{etp1}}{Q_a} = \frac{5.018,91 \text{ m}^3/d}{12.500 \text{ m}^3/d} \times 100 = 40,15 \%$$

$$Q_p|_{etp2} = 2.509,46 \text{ m}^3/d \times 1 \text{ bastidores} = 2.509,46 \text{ m}^3/d$$

$$y|_{etp2} = \frac{Q_p|_{etp2}}{(Q_a - Q_p|_{etp1})} = \frac{2.509,46 \text{ m}^3/d}{2.509,46 \text{ m}^3/d} \times 100 = 33,54 \%$$

Igualmente el caudal de permeado y la conversión del proceso global serán:

$$Q_p|_{total} = Q_p|_{etp1} + Q_p|_{etp2} = 5.018,91 \text{ m}^3/d + 2.509,46 \text{ m}^3/d = 7.528,37 \text{ m}^3/d$$

$$y|_{total} = \frac{Q_p|_{total}}{Q_a} = \frac{7.528,37 \text{ m}^3/d}{12.500 \text{ m}^3/d} \times 100 = 60,23 \%$$

#### A.2.6. Cálculo del TDS de las corrientes.

El valor de TDS de las corrientes es obtenido a partir del rechazo de sales de la membrana SWC4+, la conversión y la concentración de cada componente en la alimentación. De esta forma se determina la concentración de cada componente en la corriente y su sumatorio será el TDS de la corriente.

| DATOS                                 |        |
|---------------------------------------|--------|
| Rechazo de sales ( r )                | 0,998  |
| Conversión 1ª etapa (y <sub>1</sub> ) | 40,15% |
| Conversión 2ª etapa (y <sub>2</sub> ) | 33,54% |

Tabla A.2.6.1. Datos partida para cálculo TDS de las corrientes.

$$C_{pi} = (1-r) \times C_{a_i}$$

$$C_{ri} = \left( \frac{1 - (1-r) \cdot y}{1-y} \right) \times C_{a_i}$$

$$TDS_j = \sum C_{j_i}$$

La alimentación de la primera etapa es el agua de aporte y la alimentación de la segunda etapa es el rechazo de la primera, la concentración de las corrientes de cada etapa será:

| IÓN                           | C <sub>a</sub> (ppm) | C <sub>p1</sub> (ppm) | C <sub>r1</sub> (ppm) | C <sub>p2</sub> (ppm) | C <sub>r2</sub> (ppm) |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ca <sup>2+</sup>              | 410,0                | 0,82                  | 683,8                 | 1,368                 | 1026,98               |
| Mg <sup>2+</sup>              | 1.540,00             | 3,08                  | 2.568,49              | 5,137                 | 3857,44               |
| Na <sup>+</sup>               | 10.760,00            | 21,52                 | 17.946,05             | 35,892                | 26.952,01             |
| K <sup>+</sup>                | 390,0                | 0,78                  | 650,5                 | 1,301                 | 976,88                |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 3,0                  | 6,000E-03             | 5,0                   | 0,010                 | 7,51                  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 158,0                | 0,32                  | 263,5                 | 5,270E-01             | 395,76                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 3.300,00             | 6,60                  | 5.503,90              | 11,008                | 8.265,95              |
| Cl <sup>-</sup>               | 19.350,00            | 38,70                 | 32.272,87             | 64,546                | 48.468,52             |
| F <sup>-</sup>                | 1,0                  | 2,000E-03             | 1,7                   | 3,336E-03             | 2,50                  |
| SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0,1                  | 2,000E-04             | 0,2                   | 3,336E-04             | 0,25                  |
| Sr <sup>2+</sup>              | 8,0                  | 1,600E-02             | 13,3                  | 2,669E-02             | 20,04                 |
| Fe <sup>2+</sup>              | 0,0                  | 6,000E-06             | 0,0050                | 1,001E-05             | 0,01                  |
| TDS                           | 35.920,10            | 71,84                 | 59.909,29             | 119,94                | 89.973,87             |

Tabla A.2.6.2. Contenido en sales de las corrientes.

### **A.2.7. Cálculo de la presión osmótica.**

En el apartado 5.1.1.9 de la memoria descriptiva se define el proceso de desalación por ósmosis inversa, y se aclara la importancia de la presión osmótica de las corrientes en él.

Aplicando una presión externa mayor a la presión osmótica de una disolución respecto de otra, el proceso se invierte, haciendo circular agua de la disolución más concentrada y purificando la zona con menor concentración, obteniendo finalmente un agua de pureza admisible.

Por tanto será necesario saber la presión osmótica de nuestra agua de aporte para deducir a la presión a la cual tendremos que trabajar. La presión de trabajo, la cual suministran las bombas de alta presión, es importante puesto que condiciona el consumo energético del proceso.

Consideraciones termodinámicas demuestran que la presión osmótica de una solución y la concentración de sustancias que la componen están relacionadas por la expresión:

$$\Pi = -\left(\frac{R \times T}{V_0}\right) \times \ln A_0$$

Donde:

$\Pi$ : Presión osmótica de la solución.

A: Actividad del solvente.

R: Constante de los gases ideales.

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin.

$V_0$ : Volumen molar parcial del solvente en la solución.

Habida cuenta del peso molecular del agua es 18 gr/mol su volumen molar será de 55,55 mol/Kg, y la actividad de la misma en una solución viene dada por la ecuación:

$$\ln A_0 = \frac{\sum m_i}{55,55} \times \phi$$

Donde:

$\sum m_i$ : Suma de las molalidades de todos los constituyentes de la solución, tanto iónicos como no iónicos.

$\phi$ : Coeficiente osmótico, para estimaciones rápidas puede usarse un valor de 0,93 para aguas de mar, sin embargo en este caso se calculará para corriente.



Sustituyendo valores en la ecuación de la presión osmótica, con la temperatura en grados centígrados, tenemos:

$$\pi = 0,08302 \times \phi \times (t + 273,16) \times \Sigma m_i$$

El coeficiente osmótico “ $\phi$ ” viene dado por la siguiente ecuación y la de los parámetros que aparecen en ella:

$$\phi = 1 - \frac{S}{3,3751} \times \left( A - 2 \times \ln A - \frac{1}{A} \right) + B \times I' + C \times (I')^2$$

De los parámetros que aparecen en la ecuación anterior, los factores B y C solo dependen de la temperatura, por tanto son los mismos para todas las corrientes. Los coeficientes  $I'$  y S son ambos función de  $m_i$ , además el segundo también varía con los valores de  $Z_i$ , D y de la densidad. De los cuales D y la densidad únicamente obedecen a la temperatura y  $Z_i$  es la valencia de cada ión. Por tanto B, C, D,  $Z_i$  y la densidad serán constantes para las corrientes.

$$\rho_{agua} = 1,00157 - 1,56096 \times 10^{-4} \times t - 2,69491 \times 10^{-6} \times t^2$$

$$B = 6,72817 - \frac{348,662}{t + 273,16} - 0,971307 \times \ln(t + 273,16)$$

$$C = \frac{40,5016}{t + 273,16} - 0,721404 + 0,103915 \times \ln(t + 273,16)$$

$$D = 233,76 + \frac{5321}{t + 273,16} - 0,9297 \times \ln(t + 273,16) + 0,001717 \times \ln(t + 273,16)^2 - 8,292 \times 10^{-7} \times \ln(t + 273,16)^3$$

Su evaluación da los resultados de la tabla:

| FACTORES CONSTANTES |        |
|---------------------|--------|
| $Z_i^2$             | 1,240  |
| densidad            | 0,998  |
| B                   | 0,020  |
| D                   | 81,002 |
| C                   | 0,007  |

Tabla A.2.7.1. Constantes para el cálculo de la presión osmótica.

Así el transcurso del cálculo debe continuar por estimar de la molalidad de cada componente, el cual se halla mediante la expresión:

$$m_i = \frac{C_i}{1000 \times Pm_i \times \left( \frac{10^6 - TDS}{10^6} \right)}$$

Siendo:

$C_i$ : Concentración del componente "i" en la solución (mg/l o ppm).

$Pm_i$ : Peso molecular del componente "i".

TDS: Contenido en sales totales de solución (mg/l o ppm).

Los valores tanto de  $m_i$  como de  $m_i \times Z_i^2$  y sus sumatorios obtenidos se reflejan en las tablas que siguen. Para la primera etapa:

| IÓN                           | Alimentación |                   | Permeado 1 |                   | Rechazo 1 |                   |
|-------------------------------|--------------|-------------------|------------|-------------------|-----------|-------------------|
|                               | $m_i$        | $m_i \cdot Z_i^2$ | $m_i$      | $m_i \cdot Z_i^2$ | $m_i$     | $m_i \cdot Z_i^2$ |
| Ca <sup>2+</sup>              | 1,06E-02     | 1,32E-02          | 2,05E-05   | 2,54E-05          | 1,82E-02  | 2,25E-02          |
| Mg <sup>2+</sup>              | 6,57E-02     | 8,14E-02          | 1,27E-04   | 1,57E-04          | 1,12E-01  | 1,39E-01          |
| Na <sup>+</sup>               | 4,85E-01     | 6,02E-01          | 9,36E-04   | 1,16E-03          | 8,31E-01  | 1,03E+00          |
| K <sup>+</sup>                | 1,03E-02     | 1,28E-02          | 2,00E-05   | 2,47E-05          | 1,77E-02  | 2,20E-02          |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 5,10E-05     | 6,33E-05          | 9,84E-08   | 1,22E-07          | 8,73E-05  | 1,08E-04          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 2,73E-03     | 3,39E-03          | 5,27E-06   | 6,53E-06          | 4,68E-03  | 5,80E-03          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 3,58E-02     | 4,44E-02          | 6,90E-05   | 8,56E-05          | 6,13E-02  | 7,60E-02          |
| Cl <sup>-</sup>               | 5,66E-01     | 7,02E-01          | 1,09E-03   | 1,35E-03          | 9,69E-01  | 1,20E+00          |
| F <sup>-</sup>                | 5,46E-05     | 6,77E-05          | 1,05E-07   | 1,31E-07          | 9,35E-05  | 1,16E-04          |
| SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 1,73E-06     | 2,15E-06          | 3,34E-09   | 4,14E-09          | 2,97E-06  | 3,68E-06          |
| Sr <sup>2+</sup>              | 9,47E-05     | 1,17E-04          | 1,83E-07   | 2,26E-07          | 1,62E-04  | 2,01E-04          |
| Fe <sup>2+</sup>              | 5,57E-08     | 6,91E-08          | 1,07E-10   | 1,33E-10          | 9,54E-08  | 1,18E-07          |
| Σ                             | 1,18E+00     | 1,46E+00          | 2,27E-03   | 2,81E-03          | 2,01E+00  | 2,50E+00          |

Tabla A.2.7.2. TDS primera etapa.

Para la segunda etapa:

| IÓN                           | Alimentación 2 |          | Rechazo 2 |          | Permeado 2 |          |
|-------------------------------|----------------|----------|-----------|----------|------------|----------|
|                               | mi             | mi*Zi2   | mi        | mi*Zi2   | mi         | mi*Zi2   |
| Ca <sup>2+</sup>              | 1,82E-02       | 2,25E-02 | 2,82E-02  | 3,50E-02 | 3,42E-05   | 2,54E-05 |
| Mg <sup>2+</sup>              | 1,12E-01       | 1,39E-01 | 1,75E-01  | 2,17E-01 | 2,11E-04   | 1,57E-04 |
| Na <sup>+</sup>               | 8,31E-01       | 1,03E+00 | 1,29E+00  | 1,60E+00 | 1,56E-03   | 1,16E-03 |
| K <sup>+</sup>                | 1,77E-02       | 2,20E-02 | 2,75E-02  | 3,41E-02 | 3,33E-05   | 2,47E-05 |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 8,73E-05       | 1,08E-04 | 1,36E-04  | 1,68E-04 | 1,64E-07   | 1,22E-07 |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 4,68E-03       | 5,80E-03 | 7,27E-03  | 9,01E-03 | 8,79E-06   | 6,53E-06 |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 6,13E-02       | 7,60E-02 | 9,52E-02  | 1,18E-01 | 1,15E-04   | 8,56E-05 |
| Cl <sup>-</sup>               | 9,69E-01       | 1,20E+00 | 1,51E+00  | 1,87E+00 | 1,82E-03   | 1,35E-03 |
| F <sup>-</sup>                | 9,35E-05       | 1,16E-04 | 1,45E-04  | 1,80E-04 | 1,76E-07   | 1,31E-07 |
| SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 2,97E-06       | 3,68E-06 | 4,61E-06  | 5,71E-06 | 5,58E-09   | 4,14E-09 |
| Sr <sup>2+</sup>              | 1,62E-04       | 2,01E-04 | 2,52E-04  | 3,12E-04 | 3,05E-07   | 2,26E-07 |
| Fe <sup>2+</sup>              | 9,54E-08       | 1,18E-07 | 1,48E-07  | 1,84E-07 | 1,79E-10   | 1,33E-10 |
| Σ                             | 2,01E+00       | 2,50E+00 | 3,13E+00  | 3,88E+00 | 3,79E-03   | 2,81E-03 |

Tabla A.2.7.3.TDS segunda etapa.

Con los valores de la tablas ya podemos hallar los parámetros necesarios que faltaban por conocer para el cálculo del coeficiente osmótico y por extensión de la presión osmótica.

$$I = \left(\frac{1}{2}\right) \times \sum m_i \times Z_i^2$$

$$I' = \left(\frac{1}{2}\right) \times \sum m_i$$

$$A = 1 + 1,5 \times (I)^{1/2}$$

$$S = 1,17202 \times \left( \frac{\sum m_i \times Z_i^2}{\sum m_i} \right) \times \left( \frac{23.375,556}{D \times (t + 273,16)} \right)^{3/2} \times \rho_{agua}^{1/2}$$

| Factor    | Alimentación | Permeado 1 | Rechazo 1 | Permeado 2 | Rechazo 2 |
|-----------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|
| <b>S</b>  | 1,433        | 1,433      | 1,433     | 0,858      | 1,433     |
| <b>I</b>  | 0,730        | 0,001      | 1,249     | 0,001      | 1,941     |
| <b>I'</b> | 0,588        | 0,001      | 1,007     | 0,002      | 1,565     |
| <b>A</b>  | 2,281        | 1,056      | 2,677     | 1,056      | 3,090     |
| <b>Φ</b>  | 0,932        | 1,000      | 0,885     | 1,000      | 0,832     |

Tabla A.2.7.4. Factores para el cálculo de la presión osmótica.

Como la presión osmótica de una solución en agua viene dada por:

$$\pi = \frac{0,002654 \times C \times (t + 273,16)}{1.000 - \frac{C}{1.000}}$$

Donde:

$\pi$ : Presión osmótica en bares.

t: Temperatura en grados centígrados.

C: Concentración en mg/l de NaCl.

Es de carácter generalizado en el proceso de ósmosis inversa, expresar la concentración de la solución a tratar en mg/l o ppm de NaCl. Equivale a la concentración que debería tener una solución de NaCl que presentase la misma presión osmótica que la solución a tratar. La concentración de la solución expresada en ppm de NaCl sería:

$$C = \frac{1.000 \times \pi}{0,002654 \times (t(^{\circ}C) + 273,16) + \frac{\pi}{1.000}}$$

Con todas estas relaciones ya podemos calcular la presión osmótica de las corrientes del proceso. Atendiendo a sus componentes y la composición de los mismos, expresados en el apartado 4.1 de la memoria descriptiva, y a sus propiedades:

| Factor                      | Alimentación | Permeado 1 | Rechazo 1 | Permeado 2 | Rechazo 2 |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|
| <b>π(Bar)</b>               | 26,529       | 0,055      | 43,158    | 0,092      | 63,016    |
| <b>C<sub>ppm NaCl</sub></b> | 33.191,68    | 71,029     | 52.895,94 | 118,59     | 75.400,07 |

Tabla A.2.7.5. Presión osmótica y contenido en sales en ppm de NaCl.

A partir de esta presión osmótica comenzaremos la cadena de iteraciones que nos darán la normalización de las condiciones de operación y que veremos en el apartado siguiente.

#### **A.2.8. Normalización del sistema.**

La normalización se realiza porque la planta no funciona durante todo el tiempo con los rendimientos teóricos, a medida que pasa el tiempo los rendimientos bajan y la planta debe seguir proporcionando el caudal de permeado especificado como requisito.

Será necesario ajustar y conocer las condiciones en las que operarán las membranas en su ciclo de vida. La disminución del rendimiento de la IDAM es debido a:

- ❖ El paso de sales incrementa entre 5% a 17% por año.
- ❖ El flujo de elementos de ósmosis inversa disminuye entre 3% a 10% por año, dependiendo de la aplicación.
- ❖ La recuperación dentro de cada tubo de presión es descendente, provocado por el continuo descenso de la presión neta, dado que la presión aplicada disminuye por el rozamiento con la membrana y la presión osmótica aumenta. Aumenta al hacerlo la salinidad del rechazo, ya que el rechazo de una membrana es la alimentación de la siguiente.
- ❖ El caudal de permeado nominal además también se ve afectado por la temperatura del agua de alimentación.

Se recomienda limpiar las membranas cuando el flujo normalizado disminuye más de 10%, o cuando la caída de presión aumenta más de un 15%.

Con la aplicación de tres factores se recogen las desviaciones que provocan en el flujo:

- ❖ Coeficiente de corrección de la temperatura (TFC). Persigue la normalización referente a las condiciones de temperatura distintas en la operación a las de prueba. Se estima a partir de expresiones empíricas

facilitadas por la empresa fabricante de las membranas. En nuestro caso la expresión que lo determina es:

$$TCF = Exp \left[ \left( 3.020 \times \left( \frac{1}{t(^{\circ}C) + 273,16} - \frac{1}{298K} \right) \right) \right]$$

❖ Coeficiente de corrección de compactación o factor de Fouling (FF). Es el valor que tiene en cuenta todos los aspectos producidos por el ensuciamiento de las membranas con el paso del tiempo. Desde el aumento de presión por la colmatación de las mismas hasta el incremento del paso de sales. Este factor se suele considerar que reduce el flujo en un 30% por tanto se toma que FF es igual a 0,7.

❖ Coeficiente de corrección de la presión (PF). Este parámetro normalizará el comportamiento de las presiones de las membranas de las condiciones de prueba a las de operación. Antes es necesario cuantificar  $P_m$  en función del flujo, del coeficiente de permeabilidad de las membranas y de la diferencia de presión osmótica. Tras esto se hallará PF con la igualdad:

$$PF = \frac{(P_m - \Delta\pi)_{operación}}{(P_m - \Delta\pi)_{prueba}}$$

La normalización constará de dos etapas. La primera, la normalización del caudal de diseño a partir de los factores anteriores, en los que introduciremos la presión osmótica obtenida en los cálculos de los apartados anteriores y que no esta normalizada.

Una vez calculados los factores se introducen en la ecuación que nos proporciona su incidencia sobre el caudal nominal para obtener el caudal de diseño.

$$Q_d = Q_n \left( PF \times \left( \frac{1}{TCF} \right) \times FF \right)$$

La tabla siguiente refleja los valores de los datos necesarios para el cálculo.

| NORMALIZACIÓN 1 DEL CAUDAL DE DISEÑO |                                |       |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------|
| Coeficiente de permeabilidad (A)     | 0,83 L/(m <sup>2</sup> ·h·bar) |       |
| $\Delta\pi$ (bar)                    | 26,47                          | 43,07 |
| $(\Delta P)_{prueba}$ (bar)          | 55,50                          |       |
| $(\Delta\pi)_{prueba}$ (bar)         | 22,20                          |       |

Tabla A.2.8.1. Datos para normalización 1.

La presión osmótica mayor será la de la segunda etapa y por tanto esta será la que nos de el valor de la presión externa necesaria para realizar el proceso de ósmosis inversa.

$$P_m = \frac{J}{A} + \Delta\pi$$

$$P_m = \frac{27,56 \frac{L}{m^2 \cdot h}}{0,83 \frac{L}{m^2 \cdot h \cdot bar}} + 43,07 \text{ bar} = 76,11$$

Sustituyendo la presión en la membrana, junto con los datos de la tabla A.2.8.1 obtenemos los factores de normalización del caudal nominal.

$$TCF = Exp \left[ \left( 3,020 \times \left( \frac{1}{18^\circ C + 273,16} - \frac{1}{298K} \right) \right) \right] = 1,269$$

$$PF = \frac{(76,11 \text{ bar} - 43,07 \text{ bar})_{operación}}{(55,50 \text{ bar} - 22,20 \text{ bar})_{prueba}} = 0,992$$

Insertando el valor de FF y los hallados para TCF y PF en la ecuación del caudal de diseño:

$$Q_d = 24,6 \text{ m}^3/d \left( 0,992 \times \left( \frac{1}{1,269} \right) \times 0,7 \right) = 13,47 \text{ m}^3/d$$

A partir del caudal de diseño deduciremos ya normalizados, el número de membranas, y consecuentemente el caudal de permeado y conversión tanto por etapa como global. También estimaremos los valores de caudal de permeado y concentración de los iones de los flujos de cada etapa, y de estos últimos la presión osmótica de cada corriente. El número de membranas requerido para este caudal será:

$$N^{\circ} \text{ membranas} = \frac{Q_p}{Q_d} = \frac{7.500 \text{ m}^3/\text{d}}{13,47 \text{ m}^3/\text{d}} = 556,74$$

Tendremos en consideración que los tubos de presión llevan 6 membranas por lo tanto el número de membranas final será el múltiplo de 6 siguiente al valor logrado, en este caso 558 membranas. A partir de aquí el cálculo es el mismo que para el proceso no normalizado. Los resultados obtenidos son:

| <b>CÁLCULOS DE NORMALIZACION 1</b>                |          |          |
|---|----------|----------|
| <b>Nº membranas total normalizado</b>             | 558      |          |
| <b>Nº TP</b>                                      | 93       |          |
| <b>Nº TP total/Etapa</b>                          | 62       | 31       |
| <b>Nº Bastidor/etapa</b>                          | 2        | 1        |
| <b>Nº TP/Bastidor</b>                             | 31       | 31       |
| <b>Nº membranas/Bastidor</b>                      | 186      | 186      |
| <b>Q<sub>p</sub> / Bastidor (m<sup>3</sup>/d)</b> | 2.505,66 | 2.505,66 |
| <b>Q<sub>p</sub> (m<sup>3</sup>/d)</b>            | 5.011,32 | 2.505,66 |
| <b>Q<sub>pt</sub> (m<sup>3</sup>/d)</b>           | 7.516,99 |          |
| <b>y<sub>1</sub> / y<sub>2</sub></b>              | 40,09%   | 33,46%   |
| <b>y</b>  | 60,14%   |          |
| <b>flujo (gfd)</b>                                | 8,90     | 8,90     |
| <b>flujo (L/(m<sup>2</sup>h))</b>                 | 15,10    | 15,10    |

Tabla A.2.8.2.Normalización 1.



La segunda parte del procedimiento de normalización es el cálculo del TDS y la presión osmótica, dando comienzo con estas conversiones normalizadas y el rechazo de sales, que sigue siendo igual a 0,998 en tanto por uno.

| IÓN                           | C <sub>a</sub> (ppm) | C <sub>p1</sub> (ppm) | C <sub>r1</sub> (ppm) | C <sub>p2</sub> (ppm) | C <sub>r2</sub> (ppm) |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ca <sup>2+</sup>              | 410,0                | 0,82                  | 683,82                | 1,37                  | 1.026,98              |
| Mg <sup>2+</sup>              | 1.540,00             | 3,08                  | 2.568,49              | 5,14                  | 3.857,44              |
| Na <sup>+</sup>               | 10.760,00            | 21,52                 | 17.946,05             | 35,89                 | 26.952,01             |
| K <sup>+</sup>                | 390,0                | 0,780                 | 650,46                | 1,30                  | 976,88                |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 3,0                  | 6,000E-03             | 5,00                  | 0,01                  | 7,51                  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 158,0                | 0,316                 | 263,52                | 0,53                  | 395,76                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 3.300,00             | 6,60                  | 5.503,90              | 11,0078               | 8.265,95              |
| Cl <sup>-</sup>               | 19.350,00            | 38,7                  | 32.272,87             | 64,55                 | 48468,52              |
| F <sup>-</sup>                | 1,0                  | 2,000E-03             | 1,67                  | 3,336E-03             | 2,50                  |
| SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0,10                 | 2,000E-04             | 0,17                  | 3,336E-04             | 0,25                  |
| Sr <sup>2+</sup>              | 8,0                  | 1,600E-02             | 13,34                 | 0,0267                | 20,04                 |
| Fe <sup>2+</sup>              | 0,003                | 6,000E-06             | 0,01                  | 1,001E-05             | 0,01                  |
| <b>TDS</b>                    | <b>35.920,10</b>     | <b>71,84</b>          | <b>59.909,29</b>      | <b>119,82</b>         | <b>89.973,87</b>      |

Tabla A.2.8.3. Contenido en sales de las corrientes normalizado.

Como ya vimos de la concentración de iones en las corrientes se calcula la presión osmótica de cada una de ellas, la que obtenemos ahora ya estará normalizada.

| NORMALIZACIÓN 1             |              |            |           |            |           |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|
| Factor                      | Alimentación | Permeado 1 | Rechazo 1 | Permeado 2 | Rechazo 2 |
| <b>S</b>                    | 1,433        | 0,859      | 1,433     | 0,859      | 1,433     |
| <b>I</b>                    | 0,730        | 0,001      | 1,248     | 0,001      | 1,936     |
| <b>I'</b>                   | 0,588        | 0,002      | 1,006     | 0,002      | 1,561     |
| <b>A</b>                    | 2,281        | 1,056      | 2,676     | 1,056      | 3,087     |
| <b>Φ</b>                    | 0,932        | 1,000      | 0,886     | 1,000      | 0,832     |
| <b>π(Bar)</b>               | 26,528       | 0,092      | 43,115    | 0,092      | 62,882    |
| <b>C<sub>ppm NaCl</sub></b> | 33.190,59    | 118,464    | 52.846,73 | 118,464    | 75.251,80 |

Tabla A.2.8.4. Presión osmótica y contenido en sales en ppm de NaCl normalizados.

Ya tendríamos todas las variables del sistema de ósmosis inversa normalizadas, pero debemos comprobar que el sistema converge en su normalización. Para ello se realiza una segunda normalización partiendo de la presión osmótica normalizada volvemos a calcular los factores de normalización y el caudal de diseño con ellos de la misma forma que hicimos en la primera normalización.

La tabla siguiente refleja los valores de las constantes, variables y los parámetros de normalización datos necesarios para el cálculo.

| NORMALIZACIÓN 2 DEL CAUDAL DE DISEÑO   |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>Coficiente de permeabilidad (A)</b> | 0,83 L/(m <sup>2</sup> ·h·bar) |
| <b>Δπ (bar)</b>                        | 26,47      43,04               |
| <b>(ΔP)<sub>prueba</sub> (bar)</b>     | 55,50                          |
| <b>(Δπ)<sub>prueba</sub> (bar)</b>     | 22,20                          |
| <b>P<sub>m</sub> (bar)</b>             | 76,07                          |
| <b>PF</b>                              | 0,992                          |
| <b>FF</b>                              | 0,7                            |
| <b>TCF</b>                             | 1,269                          |

Tabla A.2.8.5. Resultados de normalización 2.

Con estos datos obtengo un caudal de diseño para una segunda normalización.

$$Q_d = 24,6 \text{ m}^3/d \left( 0,992 \times \left( \frac{1}{1,269} \right) \times 0,7 \right) = 13,47 \text{ m}^3/d$$

El desarrollo de la segunda normalización a partir de este punto sigue tanto los mismos pasos como procedimientos que la anterior normalización.

Realizando la sucesión de cálculos los resultados serán:

| <b>CÁLCULOS DE NORMALIZACION 2</b>                |          |          |
|---|----------|----------|
| <b>Nº membranas total normalizado</b>             | 558      |          |
| <b>Nº TP</b>                                      | 93       |          |
| <b>Nº TP total/Etapa</b>                          | 62       | 31       |
| <b>Nº Bastidores/Etapa</b>                        | 2        | 1        |
| <b>Nº TP/Bastidor</b>                             | 31       | 31       |
| <b>Nº membranas/Bastidor</b>                      | 186      | 186      |
| <b>Q<sub>p</sub> / Bastidor (m<sup>3</sup>/d)</b> | 2.505,66 | 2.505,66 |
| <b>Q<sub>p</sub> (m<sup>3</sup>/d)</b>            | 5.011,32 | 2.505,66 |
| <b>Q<sub>pt</sub> (m<sup>3</sup>/d)</b>           | 7.516,99 |          |
| <b>y<sub>1</sub> / y<sub>2</sub></b>              | 40,09 %  | 33,46 %  |
| <b>y</b>  | 60,14%   |          |
| <b>flujo (gfd)</b>                                | 8,90     | 8,90     |
| <b>flujo (L/(m<sup>2</sup>·h))</b>                | 15,10    | 15,10    |

Tabla A.2.8.6.Normalización 2.

Realizada la segunda normalización como dijimos se proseguirá con la comprobación de la convergencia del sistema.

| Variable                     | COMPARACIÓN     |         |                 |         |              |        |
|------------------------------|-----------------|---------|-----------------|---------|--------------|--------|
|                              | Normalización 1 |         | Normalización 2 |         | % Desviación |        |
| $\Delta\pi_{a-p1}$ (bar)     | 26,47           |         | 26,47           |         | 0,00%        |        |
| $\Delta\pi_{r1-p2}$ (bar)    | 43,06           |         | 43,02           |         | 0,06 %       |        |
| Nº memb final                | 558             |         | 558             |         | 0,00 %       |        |
| $Q_{pt}$ (m <sup>3</sup> /d) | 7.516,99        |         | 7.516,99        |         | 0,00 %       |        |
| $y_1   y_2$                  | 40,09 %         | 33,46 % | 40,09 %         | 33,46 % | 0,00%        | 0,00 % |
| $y$                          | 60,14 %         |         | 60,14 %         |         | 0,00 %       |        |
| Flujo (gfd)                  | 8,90            |         | 8,90            |         | 0,00 %       |        |
| Flujo L/(m <sup>2</sup> -h)  | 15,11           |         | 15,11           |         | 0,00 %       |        |

Tabla A.2.8.7.Comparación.

Como se aprecia en la tabla de comparación la desviación de los datos es mínima por tanto no es necesario una nueva iteración de normalización y queda demostrada su convergencia.

El sistema de ósmosis inversa estará formado por dos líneas cada una con dos etapas. Se proyectan por línea en la primera etapa dos bastidores y en la segunda un bastidor. Todos los bastidores iguales, cada uno con 31 tubos de presión y 186 membranas. Las membranas irán montadas de seis en seis en tubos de presión Codeline OCTA\_80R120S cuyas dimensiones se pueden ver en el apartado B.7 del Anexo B: Datos Técnicos.

El sistema trabajara con una conversión de 40,09% y 33,46% para la primera y segunda etapa respectivamente, dando una conversión global del 60,14%.

### A.2.9. Resolución de los balances de materia.

En el apartado B.8 se halló para cada etapa el caudal de permeado, así como el caudal de permeado total.

Partiendo del caudal de permeado y del caudal de aporte, por medio del balance materia global tanto a la vía total de proceso como a cada etapa, hallamos el caudal de rechazo  $Q_r$ .

$$Q_{r1} = Q_a - Q_{p1}$$

$$Q_{r1} = 12.500 \text{ m}^3/d - 5.011,32 \text{ m}^3/d = 7.488,68 \text{ m}^3/d$$

$$Q_{r2} = Q_{r1} - Q_{p2}$$

$$Q_{r2} = 7.488,68 \text{ m}^3/d - 2.505,66 \text{ m}^3/d = 4.983,01 \text{ m}^3/d$$

El proceso de cálculo hasta aquí ya dejará definido el diagrama de flujo en las etapas de ósmosis inversa.

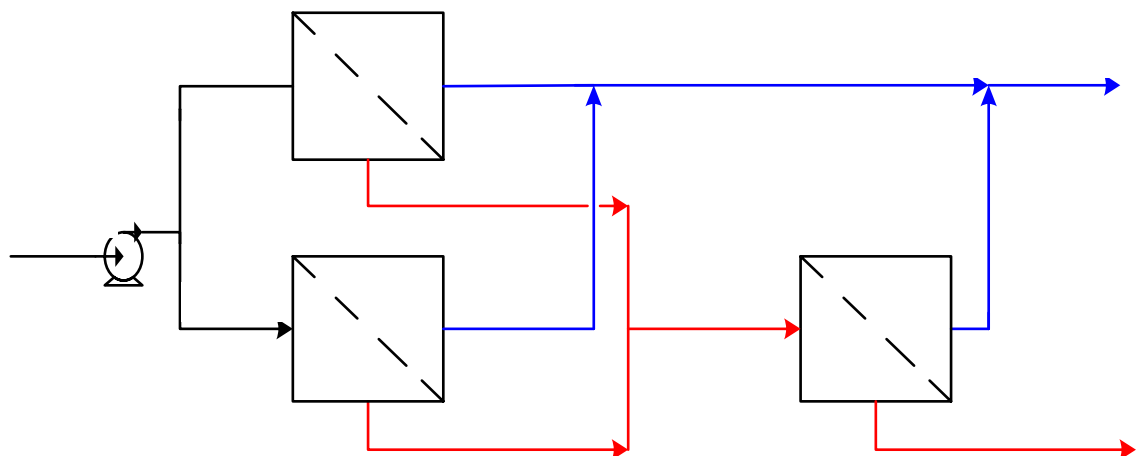


Figura A.2.9.1. Diagrama de flujo de las etapas de OI para una línea.

El diagrama de flujo global con las dos vías quedaría:

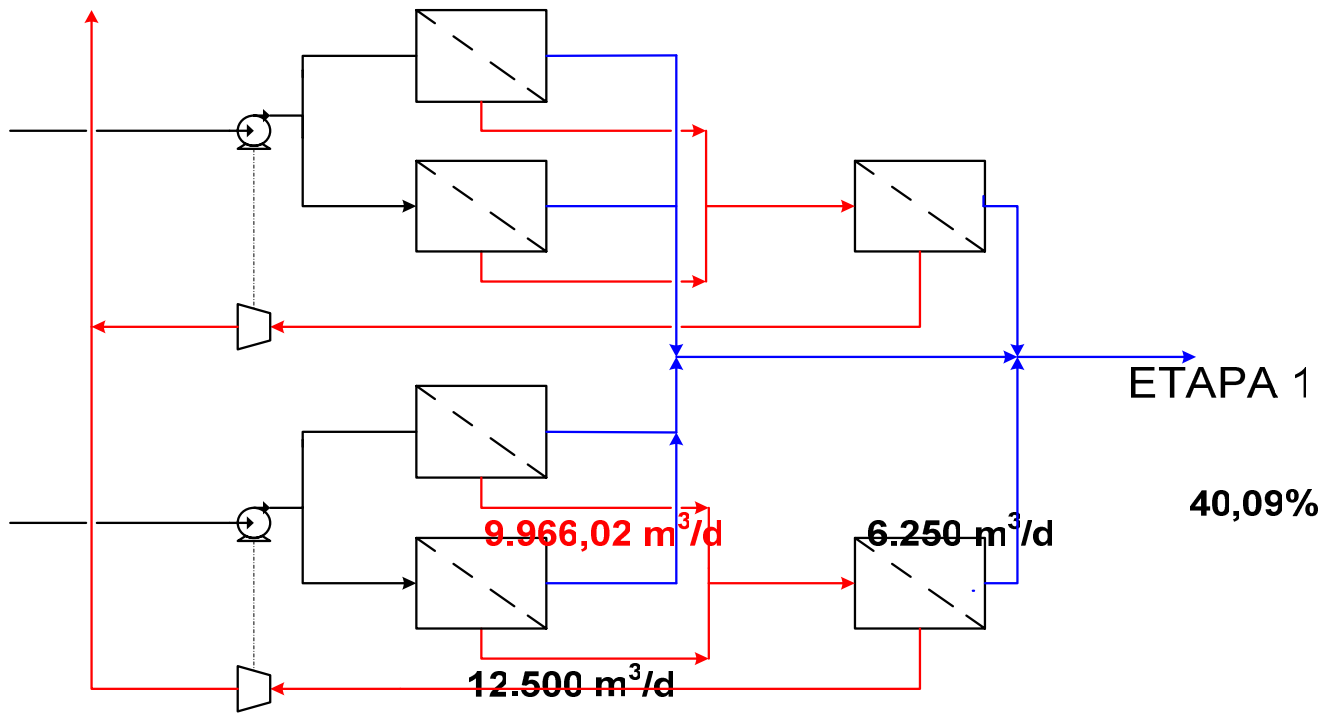


Figura A.2.9.2. Diagrama de flujo de las etapas de OI para las dos líneas.

Ya tenemos definidas las corrientes finales en cuanto a caudal, el siguiente paso será calcular la concentración de cada ión en las corrientes. En la Tabla A.2.8.3. Contenido en sales normalizado de las corrientes, se muestra las concentraciones tras la primera normalización.

Debería calcularse para la segunda normalización, sin embargo como se ha demostrado no hay variación de la conversión de las etapas ni en la conversión global por tanto el contenido en sales no cambiará, será el expresado en dicha tabla.

El problema es que nuestro agua producto será la mezcla de el permeado de ambas etapas, por tanto calcularemos el TDS de la corriente de mezcla siguiente haciendo un balance de materia para cada componente.

$$Q_{pf} \times C_{pf} = Q_{p1} \times C_{p1} - Q_{p2} \times C_{p2}$$

$$C_{pf} = \frac{Q_{p1} \times C_{p1} - Q_{p2} \times C_{p2}}{Q_{pf}}$$

El TDS de la corriente de permeado final o sea la de producto se calculará como hasta ahora con el sumatorio de la concentración de cada uno de los iones contiene.

$$TDS_{pf} = \sum C_{pfi}$$

De esta forma ya tendremos completamente definidas las corrientes del proceso, los resultados se ponen de manifiesto en la siguiente tabla:

| IÓN                           | C <sub>p1</sub> (ppm) | C <sub>p2</sub> (ppm) | C <sub>pt</sub> (ppm) |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ca <sup>2+</sup>              | 0,82                  | 1,37                  | 1,003                 |
| Mg <sup>2+</sup>              | 3,08                  | 5,14                  | 3,766                 |
| Na <sup>+</sup>               | 21,52                 | 35,89                 | 26,311                |
| K <sup>+</sup>                | 0,78                  | 1,30                  | 0,954                 |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 6,000E-03             | 1,001E-02             | 7,336E-03             |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,32                  | 0,53                  | 0,386                 |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 6,60                  | 11,01                 | 8,069                 |
| Cl <sup>-</sup>               | 38,70                 | 64,55                 | 47,315                |
| F <sup>-</sup>                | 2,000E-03             | 3,336E-03             | 2,445E-03             |
| SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 2,000E-04             | 3,336E-04             | 2,445E-04             |
| Sr <sup>2+</sup>              | 1,600E-02             | 2,669E-02             | 1,956E-02             |
| Fe <sup>2+</sup>              | 6,000E-06             | 1,001E-05             | 7,336E-06             |
| <b>TDS</b>                    | <b>71,84</b>          | <b>119,94</b>         | <b>87,833</b>         |

Tabla A.2.9.1.Comparación.

### **A.2.10. Cálculo de la presión de alimentación y de diseño.**

La importancia de la presión de alimentación es debida a que es la presión necesaria para vencer la presión osmótica y realizar el proceso, de ella conseguiremos la presión de diseño con un margen de seguridad de suministro de presión. Esta presión de diseño será junto con el caudal necesario los criterios de selección de la bomba de alta presión.

La presión de alimentación y de diseño se obtendrá deduciéndolas de la presión de membrana para las condiciones más desfavorables. Estas condiciones son las iniciales, el proceso se aproxima a la idealidad de la teórica y donde el flujo es máximo.

$$P_m = \frac{J_{\max}}{A} + \Delta\pi$$
$$P_m = \frac{27,56 L/m^2 h}{0,83 L/m^2 h bar} + 43,02 bar = 76,22 bar$$

En la ficha técnica de la membrana seleccionada el fabricante detalla como pérdida de presión por elemento 10 psi (0,689 bar), por tanto si los tubos de presión son de 6 elementos, tenemos una pérdida de presión en cada tubo de presión de:

$$\Delta P|_{TP} = 0,689 bar \times 6 = 4,13 bar$$

Si esta es la pérdida de presión en cada tubo de presión, sumando o restando la mitad de la misma a la presión en membrana tendremos la presión de alimentación y de permeado del tubo de presión.

$$P_a = P_m - \frac{\Delta P|_{TP}}{2} = +76,22 bar - \frac{4,134 bar}{2} = 74,15 bar$$



La presión de diseño que será la que deba suministrarla la bomba se toma para estos casos con un margen de seguridad que viene determinado de forma general por la expresión:

$$P_d = P_a + 0,1 \times [(P_m - \Delta\pi) + 0,2] = 78,18 \text{ bar} \approx 80 \text{ bar}$$

$$P_d = 74,15 \text{ bar} + 0,1 \times [(76,22 - 43,02) + 0,2] = 77,49 \text{ bar}$$

#### A.2.11. Otros parámetros del proceso.

Como hemos hecho mención en capítulos anteriores la precipitación de sales disueltas en el rechazo sobre las membranas es un factor importante, tanto que entre otros efectos modifica la conversión del sistema. Por ésta razón se hace necesario el cálculo de los índices de saturación y las constantes de solubilidad de dichas sales a las condiciones de operación.

Sin embargo hallar estos valores no es sencillo y se hace necesario recurrir a la ayuda de herramientas como IMSDesign, que es un programa suministrado por Hydranautics para la realización de diversos cálculos, entre ellos éstos. Así para valores del factor beta 1,07 en la primera etapa y 1,01 en la segunda etapa, un incremento de sales del 10% por año y un descenso del flujo de 7% por año, los resultados que aporta el programa son:

|                                | Agua cruda | Agua Alim. | Conc. |
|--------------------------------|------------|------------|-------|
| CaSO <sub>4</sub> / Ksp * 100: | 26%        | 26%        | 82%   |
| SrSO <sub>4</sub> / Ksp * 100: | 32%        | 32%        | 99%   |
| BaSO <sub>4</sub> / Ksp * 100: | 0%         | 0%         | 0%    |
| Sat. SiO <sub>2</sub> :        | 0%         | 0%         | 0%    |
| Indice Sat. de Langelier       | 0,85       | -0,11      | 1,06  |
| Indice Sat. de Stiff & Davis   | -0,06      | -1,03      | 0,06  |

Figura B.2.11.1 Constantes de solubilidad e índices de saturación.

Fuente: Programa IMSDesign

Es también muy importante conocer el valor de pH de las corrientes el cual es suministrado por el programa IMSDesign y tiene los siguientes valores en cada una de ellas:

| Agua Bruta | Alimentación OI | Permeado | Rechazo |
|------------|-----------------|----------|---------|
| 7,9        | 7,0             | 5,2      | 7,4     |

Tabla A.2.11.1 PH corrientes del proceso.

Fuente: Programa IMSDesign

### **A.3. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS.**

#### **A.3.1. Introducción.**

La toma de agua en pozos tiene como característica asociada un índice de colmatación o ensuciamiento "SDI" inferior a 3, en el caso del agua bruta de este proyecto se ha cuantificado un SDI con valor 2. Por tanto el pretratamiento físico se simplifica reduciéndose a filtros de arena y filtros de cartuchos.

Un valor de SDI igual a 2 es una suposición inicial y aunque válida será necesario una vez puesta en marcha la planta determinarlo y comprobar que los pretratamientos son los adecuados. De no ser aceptable la suposición se introducirán pretratamientos más complejos.

#### **A.3.2. Filtración grosera.**

La elección de los filtros la haremos basándonos en el apartado 7.2.1 de la memoria descriptiva que recoge los tipos de filtros para filtración grosera y sus características. Los criterios de selección serán la velocidad de filtración y el factor económico función de las características de cada tipo.

La velocidad de filtración cuanto mayor sea mejor, pues los caudales a filtrar son considerablemente altos y una velocidad de filtración baja haría necesarios gran cantidad de filtros, lo cual no es económico. Por tanto los filtros de arena lentos los descartamos. La filtración en filtros verticales es mas uniforme que en los horizontales, ya que en los primeros el espesor del lecho filtrante es el mismo en toda su superficie, mientras en los horizontales puede ser mayor en el centro que en los bordes y puede generarse caminos preferenciales.

Sin embargo los filtros verticales tienen la limitación de superficie de capa filtrante, esto genera que el número necesario para un mismo caudal de filtrado sea mayor que de filtros horizontales. Como consecuencia aumenta el número de conexiones, válvulas, boquillas, etc... en definitiva sube la complejidad de la instalación y su coste.

De acuerdo con el párrafo anterior elegiremos filtros horizontales que por otra parte son los mayoritariamente usados en instalaciones de desalación de agua de mar por ósmosis inversa.

Así pues solo nos queda determinar si el medio filtrante será un material granulado o una malla filtrante. La velocidad de filtración para ambos es similar por tanto el factor determinante será el económico. Éste se decanta por filtros de pantalla autolimpiantes, ya que con los filtros de arena o se interrumpe el proceso para su limpieza o se instala un filtro más para mientras los necesarios funcionan uno se esta limpiando. Los filtros autolimpiantes evitan la pérdida de tiempo productivo dado que se limpian de forma automática sin interrumpir el flujo de filtrado y por ende se evita detener el proceso productivo o la necesidad de montar un filtro más, con el asociado ahorro económico.

Una vez decidido que nuestra filtración grosera se realizará con filtros de pantalla filtrante autolimpiantes debemos seleccionar un modelo acorde a

nuestros requerimientos. El criterio de discriminación será el flujo máximo que son capaces de filtrar. Conforme a estas premisas y como estos filtros son autolimpiantes no es necesario aprovisionar de reserva que suplan las limpiezas y se dispondrán únicamente los necesarios para producir el caudal necesario.

Necesitamos filtrar un caudal por ruta de 520,84 m<sup>3</sup>/h (2.294 gpm), la selección se hará entre los modelos que comercializa la empresa Tekleen Automatics Filters Inc, en los Anexos de datos técnicos se adjunta el catálogo del cual saldrá nuestra elección.

El modelo que satisface los requerimientos es el ABW12-P que presenta un flujo máximo de 2.500 gpm, que es algo superior al necesario. De esta forma no trabajarán al máximo. Necesitaremos dos unidades, una para cada línea. La suma de los dos filtros nos dará un caudal filtrado de 5.000 gpm.

Seleccionado el modelo se debe elegir la pantalla filtrante acorde a nuestros requerimientos de filtración. Necesitamos una retención de partículas superiores a 15 micras, por tanto la pantalla filtrante tendrá un filtrado de 15 micrones. Del apartado B.3 del Anexo B: Datos Técnicos:

| Modelo  | Válvula |        | Área de pantalla |                | Flujo <sub>máx</sub> |                   | Peso vacío |     |
|---------|---------|--------|------------------|----------------|----------------------|-------------------|------------|-----|
|         | inch    | mm     | ft <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup> | gpm                  | m <sup>3</sup> /h | lbs        | Kg  |
| ABW12-P | 12      | 304,78 | 6,6              | 0,614          | 2.500                | 567,61            | 700        | 295 |

Tabla A.3.2.1. PH corrientes del proceso.

Las dimensiones del modelo de filtro seleccionado se pueden consultar en su plano insertado en el apartado B.3.2 del Anexo B: Datos Técnicos.

### A.3.2.1. Pérdidas de carga en un filtro de malla.

La pérdida de carga que introducen los filtros de malla en el sistema de conducciones se obtiene a partir de una gráfica suministrada por el fabricante. Desde ella para un flujo que atraviesa el filtro de 520,84 m<sup>3</sup>/h (2.294 gpm) y un diámetro de la conexión con las tuberías de 12 pulgadas, se obtiene una caída de presión de 2,1 psi (1,47645 m):

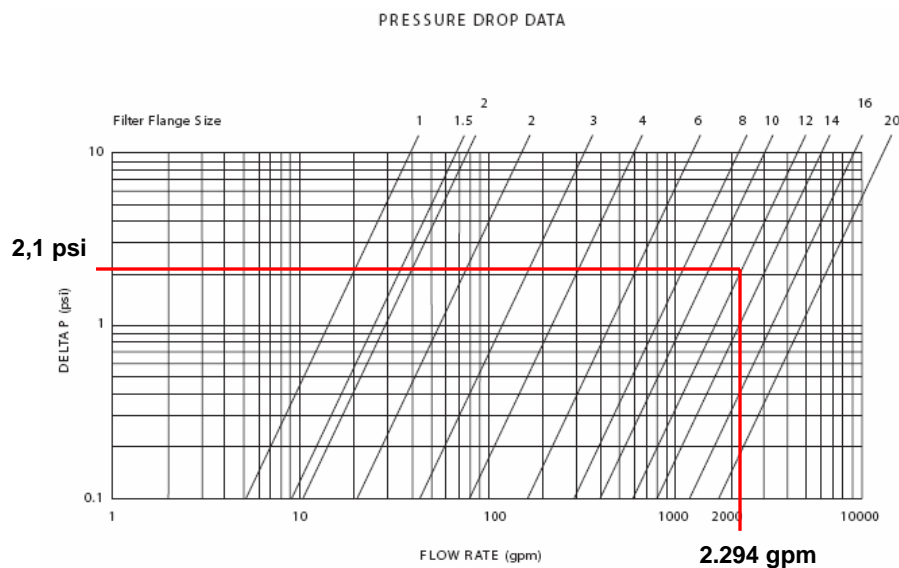


Figura A.8.2.1. Pérdida de carga en filtros de malla

### A.3.3. Filtración de afino.

Esta filtración se realiza con el objetivo de mejorar el funcionamiento de las membranas. Los fabricantes de membranas dan 5 micras como tamaño máximo de los sólidos en el agua de alimentación de las membranas. De esta forma esta filtración viene a complementar la filtración grosera, realizando un filtrado de afino.

Los filtros utilizados tradicionalmente son los llamados filtros de cartuchos. En la actualidad el mercado de filtros de cartucho esta dividido en dos tipos. Unos desarrollados inicialmente que aún continúan en uso, los filtros de cartuchos de hilo enrollado y unos modernos y que se están desmarcando como el futuro de la filtración de cartuchos, estos filtros son los filtros de cartuchos plisados o plegables.

La principal condición por las que los segundos mejoran los primeros y como consecuencia los desbancan es su mayor superficie filtrante. En igualdad de condiciones se aprecian dos consecuencias inmediatas. La primera que disminuye la pérdida de carga lo que les permite un aumento del tiempo de funcionamiento ininterrumpido y la segunda la necesidad de un menor número de cartuchos. Ambas se traducen en un ahorro económico del funcionamiento y un abaratamiento de la instalación, por tanto en la elección preferente.

Los filtros de cartuchos y los portafiltros se han seleccionado de la empresa Harsmco Water filtration products. Por sus características hemos elegido el portafiltros de la serie HIF ya que estos portafiltros son unidades filtrantes multi-cartuchos fabricados en acero inoxidable 316 con acabado electro pulido para incrementar resistencia a corrosión. Además posee modelos para sujetar desde 7 hasta 200 cartuchos con gastos de 30 gpm hasta 800 gpm. La selección del filtro se hará en base al caudal que precisamos filtrar, para una vía será 12.500 m<sup>3</sup>/d y posteriormente se duplicarán las unidades:

$$Q = 12.5000 \frac{m^3}{d} \times 264,172 \frac{galones}{m^3} = 3,30215 \times 10^6 \frac{galones}{d}$$
$$Q = 3,30215 \times 10^6 \frac{galones}{d} \times \frac{1 d}{24 h} \times \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 2.293,16 \frac{galones}{\text{min}} = 2.293,16 \text{ gpm}$$

Debido al enorme caudal que es necesario filtrar debemos elegir el modelo mayor de portafiltros para insertarle el mayor número de filtros. De

acuerdo con lo expuesto los portafiltros serán el modelo HIF 200FL, adquiridos a la empresa Harsmco Water filtration products, cuyas características son:

| PORTAFILTROS HIF 200FL |                 |          |      |        |      |                    |     |                    |      |
|------------------------|-----------------|----------|------|--------|------|--------------------|-----|--------------------|------|
| Flujo máximo<br>(gpm)  | Nº de cartuchos | Diámetro |      | Altura |      | Pérdida de         |     | Presión de         |      |
|                        |                 | inch     | m    | inch   | m    | Kg/cm <sup>2</sup> | atm | Kg/cm <sup>2</sup> | atm  |
| 800                    | 200             | 58       | 1,47 | 93     | 2,36 | 0.517              | 0.5 | 3,2                | 3,10 |

Tabla A.3.3.1. Características del portafiltros.

El número de portafiltros necesarios estableciendo como criterio de seguridad un funcionamiento al 75% de su capacidad y como requerimiento el caudal a filtrar nos dará un cómputo:

$$Q_{u(85\%)} = 800 \text{ gpm} \times 0,75 = 600 \text{ gpm}$$

$$Q_{u(85\%)} = 600 \frac{\text{galones}}{\text{min}} \times \frac{0,003785 \text{ m}^3}{1 \text{ galones}} \times \frac{1.440 \text{ min}}{1 \text{ dia}} = 3.270,24 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$n^\circ \text{ Portafiltros} = \frac{Q_T}{Q_{u(75\%)}} = \frac{12.5000 \text{ m}^3/\text{d}}{3.270,24 \text{ m}^3/\text{d}} = 3,82 \Rightarrow 4$$

El número de portafiltros necesario para filtrar nuestra alimentación de las membranas será de 4 portafiltros por línea.

Es importante comprobar que ante la eventual parada de uno de los filtros, sea para sustitución o limpieza de cartuchos, o cualquier motivo el resto suministrará el caudal necesario de 2.293,16 gpm.

$$Q = 800 \frac{\text{gpm}}{\text{filtro}} \times 3 \text{ filtros} = 2.400 \text{ gpm}$$

Una vez comprobado que el número de portafiltros satisface la condición expuesta, el siguiente paso será elegir los cartuchos que irán en su interior.

En los portafiltros se introducirán cartuchos de la serie 801 de Harmsco, fabricados en media plegada de poliéster plus. El intervalo de servicio para pH

es de 3 a 11 y la temperatura máxima de operación es 60°C. Esta serie de modelos tiene un rango de filtrado que va desde 1 hasta 100 micrones o micras. Nuestros filtros deben retener sólidos superiores a 5 micrones, por tanto los cartuchos seleccionados serán 800-5.

En el apartado B.4 del Anexo B: Datos Técnicos se puede ver las especificaciones suministradas por la empresa Harmsco Water filtration products.

#### A.3.3.1. Pérdidas de carga en un portafiltro de cartuchos.

La pérdida de carga que origina el agua al circular por los filtros de cartuchos al igual que en los filtros de malla se obtiene mediante una gráfica de forma rápida a través del flujo que filtran y en este caso del modelo instalado. Cada uno de los portafiltros modelo HIF-200 será atravesado por 130,208 m<sup>3</sup>/h (573,5 gpm), por tanto de la gráfica:

Pressure Drop - Harmsco High Capacity Filters (HIF-42, 75, 100, 150, 200)

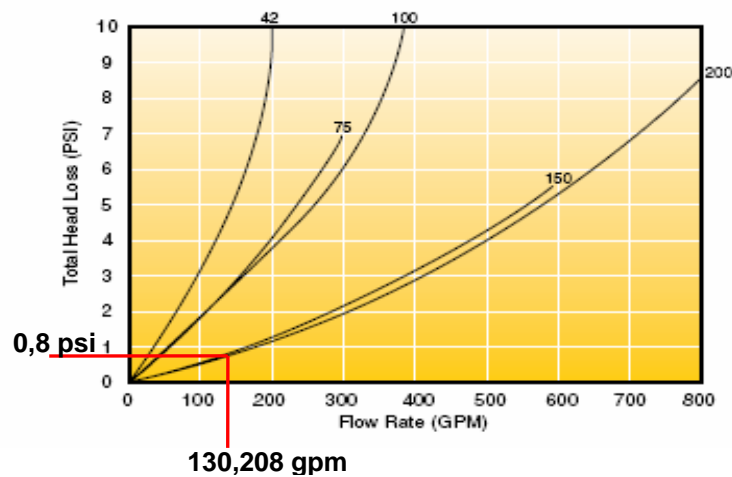


Figura A.8.3.1. Pérdida de carga en los portafiltros de cartuchos.

De esta forma sencilla de cálculo obtenemos que cada portafiltros origina una caída de presión en el sistema de 0,8 psi (0,5625 m).

!



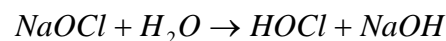
#### **A.4. TRATAMIENTOS QUÍMICOS.**

Al igual que en los pretratamientos físicos, el marco de cálculo es una vía y en base a ella se deducirá las dosis.

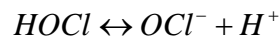
##### **A.4.1. Pretratamientos químicos.**

###### **A.4.1.1. Desinfección.**

La desinfección se llevará a cabo con hipoclorito sódico (NaOCl) que será añadido al agua para generar en ésta ácido hipocloroso (HOCl) el cual tiene propiedades biocidas. La reacción que sucede es la siguiente:



El ácido hipocloroso tiene la reacción de disociación siguiente:



El pH del agua será lo que desplace el equilibrio a un lado u otro y de ello dependerá la eficiencia de la desinfección puesto que el ácido sin disociar tiene una acción biocida mucho mas elevada.

En bibliografía especializada se estima que la dosis de cloro libre residual para controlar crecimientos de películas biológicas se encuentra en un rango que va desde 1 ppm a 3 ppm.

El producto adquirido presenta una concentración de 161 g/L de cloro activo residual. El cálculo de la dosis a añadir lo establecemos a partir de este dato con el balance global y el balance al cloro libre.

$$Qa + Qd = Qad$$

$$Qa \times Ca + Qd \times Cd = Qad \times Cad$$

Donde:

$Q_a$  [Caudal de alimentación] = 12.500 m<sup>3</sup>/d

$Q_d$  [Caudal de dosificado de desinfectante (NaOCl)].

$Q_{ad}$  [Caudal alimentación-desinfectante].

$C_a$  [Concentración de cloro activo en la alimentación] = 0.

$C_d$  [Concentración de cloro activo en la disolución dosificada] = 161 g/L.

$C_{ad}$  [Concentración de cloro activo en la mezcla] = 0,003 g/L.

$$12.500 \frac{m^3}{d} + Q_d = Q_{ad}$$

$$12.500 \frac{m^3}{d} \times 0 \frac{g}{L} + Q_d \times 161 \frac{g}{L} = Q_{ad} \times 0,003 \frac{g}{L}$$

$$12.500 \frac{m^3}{d} \times 0 \frac{g}{L} + Q_d \times 161 \frac{g}{L} = \left(12.500 \frac{m^3}{d} + Q_d\right) \times 0,003 \frac{g}{L}$$

$$Q_d = 0,233 \frac{m^3}{d}$$

Así se obtiene que el caudal de disolución de cloruro férrico que se deberá suministrar a la corriente de agua será:

$$Q_d = 0,233 \frac{m^3}{d} = 0,233 \frac{m^3}{d} \times \frac{1.000 L}{1 m^3} \times \frac{1 d}{24 h} = 9,7 \frac{L}{h}$$

#### A.4.1.2. Ajuste del pH.

El reactivo químico usado para este fin es el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). La dosis a suministrar suele ser facilitada por el fabricante de las membranas. No tiene como único objetivo bajar el pH del agua al óptimo para las membranas, también persigue prevenir la precipitación de carbonato cálcico, ya que a base de disminuir el pH del agua de alimentación, se aumenta el límite de saturación de las sales parcialmente insolubles.

El cálculo de la dosis diaria será a partir del caudal de agua bruta a tratar, de la densidad y de la dosificación recomendada. La tendencia actual apoyada en la experiencia es aplicar cantidades alrededor de  $20 \text{ g/m}^3$ , y consultando la tolerancia de las membranas se comprueba adecuada dicha cantidad. La dosis se aplica de producto obtenido del proveedor que es ácido sulfúrico con una concentración entre el 98% y el 99%, y con una densidad de  $1,84 \text{ g/cm}^3$ . Consecuentemente:

$$Q_d = \frac{20 \text{ g/m}^3 \times 12.500 \text{ m}^3/\text{d}}{1,84 \times 10^6 \text{ g/m}^3} = 0,136 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_d = 0,136 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 5,66 \text{ L/h}$$

#### A.4.1.3. Reducción-Decloración.

El producto empleado es el bisulfito de sodio ( $\text{NaHSO}_3$ ), es un producto sólido que proviene del fabricante en solución acuosa al 34% con una densidad de  $1,31 \text{ g/cm}^3$ , o lo que es lo mismo  $445,4 \text{ g/L}$  que se desprende del cálculo siguiente:

$$C_{\text{NaHSO}_3(34\%)} = 0,34 \times 1.310 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 445,4 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Se resuelven los balances de materia teniendo como datos:

$$Q_a + Q_d = Q_{ad}$$

$$Q_a \times C_a + Q_d \times C_d = Q_{ad} \times C_{ad}$$

$Q_a$  [Caudal de alimentación] =  $12.500 \text{ m}^3/\text{d}$

$Q_d$  [Caudal de dosificado de declorante ( $\text{NaHSO}_3$ )].

$Q_{ad}$  [Caudal alimentación-disolución].

$C_a$  [Concentración de cloro activo en la alimentación] = 0.

$C_d$  [Concentración de cloro activo en la disolución dosificada] = 445,4 g/L.

$C_{ad}$  [Concentración en la mezcla] = 6 ppm = 0,006 g/L.

$$\begin{aligned}12.500 \frac{m^3}{d} + Q_d &= Q_{ad} \\12.500 \frac{m^3}{d} \times 0 \frac{g}{L} + Q_d \times 445,4 \frac{g}{L} &= Q_{ad} \times 0,006 \frac{g}{L} \\12.500 \frac{m^3}{d} \times 0 \frac{g}{L} + Q_d \times 445,4 \frac{g}{L} &= (12.500 \frac{m^3}{d} + Q_d) \times 0,006 \frac{g}{L} \\Q_d &= 0,1685 \frac{m^3}{d}\end{aligned}$$

Así se obtiene que el caudal de disolución de cloruro férrico que se deberá suministrar a la corriente de agua será:

$$Q_d = 0,1685 \frac{m^3}{d} \times \frac{1.000 L}{1 m^3} \times \frac{1 d}{24 h} = 7,02 \frac{L}{h}$$

#### A.4.1.4. Coagulación.

El coagulante empleado es el cloruro férrico ( $FeCl_3$ ), se distribuye generalmente como disolución. En nuestro caso la disolución que se utilizará tiene una riqueza del 39% y una densidad de 1,41 g/cm<sup>3</sup>, por tanto la concentración expresada en gramos partidos de litro será:

$$C_{FeCl_3(39\%)} = 0,39 \times 1.410 \frac{g}{L} = 549,9 \frac{g}{L}$$

Teniendo una dosis prevista en la corriente mezcla de 3 ppm y la concentración de 549,9 g/L para la disolución de cloruro férrico. Igualmente a los casos anteriores se resuelven los balances de materia donde:

$Q_a$  [Caudal de alimentación] = 12.500 m<sup>3</sup>/d

$Q_d$  [Caudal de dosificado de coagulante ( $\text{FeCl}_3$ )].

$Q_{ad}$  [Caudal alimentación-coagulante].

$C_a$  [Concentración de cloro activo en la alimentación] = 0.

$C_d$  [Concentración de cloro activo en la disolución dosificada] = 549,9 g/L.

$C_{ad}$  [Concentración de cloro activo en la mezcla] = 0,003 g/L.

$$\begin{aligned}12.500 \text{ m}^3/d + Q_d &= Q_{ad} \\12.500 \text{ m}^3/d \times 0 \text{ g/L} + Q_d \times 549,9 \text{ g/L} &= Q_{ad} \times 0,003 \text{ g/L} \\12.500 \text{ m}^3/d \times 0 \text{ g/L} + Q_d \times 549,9 \text{ g/L} &= (12.500 \text{ m}^3/d + Q_d) \times 0,003 \text{ g/L} \\Q_d &= 0,068 \text{ m}^3/d\end{aligned}$$

Así se obtiene que el caudal de disolución de cloruro férrico que se deberá suministrar a la corriente de agua será:

$$Q_d = 0,068 \frac{\text{m}^3}{d} \times \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 d}{24 h} = 2,84 \text{ L/h}$$

#### A.4.1.5. Inhibición.

Hoy día existe una enorme variedad de compuestos para esta función, el compuesto que se usará como inhibidor es Genesys HR que es básicamente una solución de ácido fosfórico. La empresa fabricante aconseja una dosificación de 0,4 a 0,7 mg/L de agua bruta, seleccionaremos un valor intermedio de 0,6 mg/L (0,6 g/m<sup>3</sup>).

Sin embargo esta cantidad tan pequeña hace que su dosificación sea compleja. Para evitar dicho problema se diluirá en un 25% por tanto al diluir un cuarto habrá que aumentar la dosis cuatro veces y la cantidad a dosificar será

2,4 mg/L (2,4 g/m<sup>3</sup>) y el caudal a abastecer saldrá de este dato y de su 1,15 g/cm<sup>3</sup> que es su densidad:

$$Q_d = \frac{2,4 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 12.500 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1,15 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} = 0,0261 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$
$$Q_d = 0,0261 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 1,0875 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

#### **A.4.2. Pos-tratamientos químicos.**

Los post-tratamientos se diseñan en función del fin último del agua desalada, teniendo en cuenta que dicha agua tiene como fin el abastecimiento público sin mezcla, el objeto es adecuar el agua a la normativa vigente, expresada en la Reglamentación Técnica Sanitaria Real Decreto 14 de Septiembre 1.990 N.1138/1990),

Esta normativa como detallamos en el apartado B.1 de este documento exige:

- ❖ TDS < 500 ppm
- ❖ Na<sup>+</sup> < 150 ppm
- ❖ Cl<sup>-</sup> < 200ppm
- ❖ 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (150 ppm de CaCO<sub>3</sub>)
- ❖ pH del orden de 6,5 a 8,5.

Estos tratamientos persiguen una remineralización del agua perneada que conlleva el beneficio asociado del reajuste del pH, y una desinfección.

##### **A.4.2.1. Remineralización del permeado.**

El permeado final obtenido posee una baja concentración de iones y tiene un pH bajo debido al rechazo de producido en las membranas, con el fin de adecuar el agua permeada a la normativa vigente y reducir la agresividad del agua producida en la Osmosis Inversa y así proteger los elementos de

conducción al abastecimiento, se ha previsto una dosificación de cal con la cual se incrementará su pH hasta eliminar su agresividad.

Por tanto para remineralizar el agua se producirá la dosificación de una lechada de hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

El Hidróxido cálcico se encontrará disponible en estado sólido con una riqueza como mínimo del 90% y una densidad de  $0,4 \text{ g/cm}^3$ . A partir del cual prepararemos una disolución con el 10% de concentración con una densidad de  $1,06 \text{ g/cm}^3$ .

La cantidad a dosificar se obtiene de la abundancia de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  presentes en el permeado, añadiendo la cal hasta conseguir el valor de dureza de 150 ppm de  $\text{CaCO}_3$ ) estipulado en la norma.

$$\text{Dureza}(\text{ppm } \text{CaCO}_3) = \left( \frac{\text{Ca}^{2+} \text{ ppm}}{\text{Pm } \text{Ca}^{2+}} + \frac{\text{Mg}^{2+} \text{ ppm}}{\text{Pm } \text{Mg}^{2+}} \right) \times \text{Pm } \text{CaCO}_3 = 150$$

$$\text{Si } \left\{ \begin{array}{l} \text{Pm } \text{Ca}^{2+} = 40,08 \text{ g/mol} \\ \text{Pm } \text{Mg}^{2+} = 24,31 \text{ g/mol} \\ \text{Pm } \text{CaCO}_3 = 100,06 \text{ g/mol} \end{array} \right\} 2,49 \times \text{Ca}_{\text{potable}}^{2+} + 4,12 \times \text{Mg}^{2+} = 150$$

$$\text{Ca}_{\text{potable}}^{2+} = \text{Ca}_{\text{permeado}}^{2+} + \text{Ca}_{\text{dosificado}}^{2+}$$

$$\text{Mg}_{\text{potable}}^{2+} = \text{Mg}_{\text{permeado}}^{2+}$$

$$\text{Y en nuestro permeado tendremos } \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}_{\text{permeado}}^{2+} = 1,003 \text{ ppm} \\ \text{Mg}_{\text{permeado}}^{2+} = 3,766 \text{ ppm} \end{array} \right.$$

La concentración de ión calcio necesaria para cumplir la norma será:

$$\text{Ca}_{\text{potable}}^{2+} = \left( \frac{150 - 4,12 \times \text{Mg}_{\text{permeado}}^{2+}}{2,49} \right) = \left( \frac{150 - 4,12 \times 3,766 \text{ ppm}}{2,49} \right) = 54,0 \text{ ppm}$$

$$\text{Ca}_{\text{dosificado}}^{2+} = \text{Ca}_{\text{potable}}^{2+} - \text{Ca}_{\text{permeado}}^{2+} = 54,0 \text{ ppm} - 1,003 \text{ ppm} = 52,997 \text{ ppm}$$

Así la cantidad del ión de calcio necesaria dosificar será:

$$Ca(OH)_2|_{100\%} = \frac{Pm Ca(OH)_2 \times Ca^{2+}_{dosificado}}{Pm Ca^{2+}} = 132,31 \text{ ppm}$$

$$Ca(OH)_2|_{100\%} = 132,31 \text{ ppm} = 132,31 \text{ g/m}^3$$

Por tanto el caudal a administrar de lechada al 10% será:

$$Q_{lechada} = \frac{132,31 \text{ g/m}^3 \times 7.516,99 \text{ m}^3/d}{1,06 \times 10^6 \text{ g/m}^3} = 0,938 \text{ m}^3/d$$

$$Q_{lechada} = 0,938 \frac{\text{m}^3}{d} \times \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 d}{24 h} = 39,09 \text{ L/h}$$

Con esta Remineralización se obtendrá un agua producto con un TDS de 386,83.

| IÓN                           | C <sub>p</sub> (ppm) | IÓN                           | C <sub>p</sub> (ppm) |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Ca <sup>2+</sup>              | 150                  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 8,069                |
| Mg <sup>2+</sup>              | 3,766                | Cl <sup>-</sup>               | 47,315               |
| Na <sup>+</sup>               | 26,311               | F <sup>-</sup>                | 2,445E-03            |
| K <sup>+</sup>                | 0,954                | SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 2,445E-04            |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 150                  | Sr <sup>2+</sup>              | 1,956E-02            |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,386                | Fe <sup>2+</sup>              | 7,336E-06            |
| <b>TDS total</b>              |                      | 386,83 ppm                    |                      |

Tabla A.4.2.1.1. TDS agua después de postratamiento.

#### A.4.2.2. Post-cloración.

El permeado obtenido tiene una baja concentración de cloro activo residual ya que éste fue eliminado en el pretratamiento por la adición de bisulfito de sodio (NaHSO<sub>3</sub>). Como consecuencia esta agua producto en su almacenado y distribución por la red correrá un riesgo de contaminación. Su uso para abastecimiento urbano hace ineludible un tratamiento de desinfección para cumplir con la normativa sanitaria en cuanto a presencia de cloro residual en la red.



Este post-tratamiento de desinfección o de cloración se realizará mediante la adición de hipoclorito de sodio (NaOCl), usaremos la misma disolución empleada en el pretratamiento. La dosis recomendada de producto es de  $4,9 \text{ g/m}^3$  de agua producto, así:

$$Qd = 4,9 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 7.516,99 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ L}}{1.200 \text{ g}} = 30,7 \text{ L/d} = 0,03069 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$Qd = 30,69 \frac{\text{L}}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 1,28 \text{ L/h}$$

## A.5. DIMENSIONADO DE DEPÓSITOS.

### A.5.1. Depósito de alimentación.

Lo normal sería una alimentación directa desde las bombas de captación hasta los bastidores de ósmosis inversa, sin embargo para asegurar el aporte continuo y sin fluctuaciones se concibe la construcción de un depósito. El depósito debe tener de capacidad el volumen de agua producido por las bombas de captación durante dos horas, por tanto su cabida será:

$$\text{Capacidad} = 25.000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} \times 2 \text{ h} = 2.083,33 \text{ m}^3 = 2.083.330 \text{ L}$$

Para facilitar la limpieza a estos depósitos se les suele dar un desnivel, de esta forma el depósito tendrá las siguientes dimensiones:

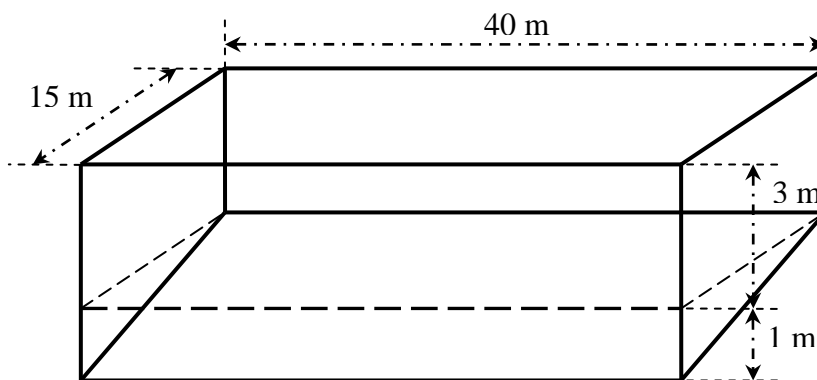


Figura A.5.1.1. Dimensiones del depósito intermedio.

Estas dimensiones proporcionan una capacidad del tanque de:

Profundidad menor: 3 m

Profundidad mayor: 4 m

Ancho: 15 m

Longitud: 40 m

$$\text{Capacidad} = (40 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 15 \text{ m}) + \frac{(40 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 15 \text{ m})}{2} = 2.100 \text{ m}^3$$
$$\text{Capacidad} = 2.100.000 \text{ L}$$

#### **A.5.2. Depósito de agua producto.**

Es el tanque donde se recoge la producción de la planta antes de su bombeo hacia los depósitos de distribución del consumidor, desde él no se distribuye solo es un depósito de acumulación.

La principal característica de todo tanque es su volumen, el diseño se hará para almacenar el agua producida por las dos líneas durante dos horas, Así tendrá una capacidad:

$$\text{Capacidad} = 7.516,99 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 2 = 15.033,98 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$
$$\text{Capacidad} = 15.033,98 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} \times 2 \text{ h} = 1.252,83 \text{ m}^3 = 1.252.830 \text{ L}$$

Este tanque debe tener unas características que no estropee las propiedades concedidas al agua producto. Será seleccionado de los existentes en el catálogo de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA).

El depósito elegido es del tipo "BIG-TANK" fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio. En la tabla siguiente se ve la parte del catálogo próxima a nuestras necesidades:

| Capacidad (L) | D (m)  | H (m)  |
|---------------|--------|--------|
| 1.250.000     | 10,000 | 15,570 |
|               | 12,000 | 11,990 |
| 1.500.000     | 10,000 | 18,640 |
|               | 12,000 | 14,210 |

Tabla A.5.2.1. Catálogo AIQSA para modelo BigTank.

Entre las distintas posibilidades y teniendo en cuenta que debemos cubrir la capacidad propuesta se elegirá un tanque de volumen mayor. El elegido tendrá una capacidad para 1.500.000 L.

Dentro de esta capacidad tenemos la posibilidad de elegir la altura y diámetro entre dos opciones. Elegiremos como único criterio la superficie de la planta que ocupa y por tanto la designación será:

| Capacidad (L) | D (m)  | H (m)  |
|---------------|--------|--------|
| 1.500.000     | 10,000 | 18,640 |

Tabla A.5.2.2. Dimensiones depósito intermedio.

### **A.5.3. Depósitos de productos químicos.**

Aunque se ha dispuesto un diseño de la desaladora con la capacidad desdoblada en dos rutas, los reactivos se procurarán desde un único depósito a la red.

#### **A.5.3.1. Hipoclorito sódico.**

El hipoclorito sódico se utiliza en el pretratamiento en una cantidad de 0,233 m<sup>3</sup>/d (9,7 L/h) para la capacidad desdoblada y en 0,466 m<sup>3</sup>/d (19,42 L/h) para la totalidad instalada. Además se usa también en el post-tratamiento con

0,03069 m<sup>3</sup>/d (1,279 L/h) para una vía y 0,06138 m<sup>3</sup>/d (2,56 L/h) para las dos vías. La idea inicial sería colocar un sistema que dosificara desde el mismo depósito, sin embargo para simplificar se instalará un depósito para cada fase.

Para el pretratamiento el caudal a dosificar se hará desde un depósito que como norma generalizada suele tener capacidad para veinte días de dosificación. Por tanto su capacidad será:

$$\text{Capacidad} = 0,466 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 20 \text{ d} = 0,32 \text{ m}^3 = 9.320 \text{ L}$$

Para el post-tratamiento el caudal de dosificación es tan pequeño que se dispondrá un depósito con autonomía para cuarenta días:

$$\text{Capacidad} = 0,06138 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 40 \text{ d} = 2,455 \text{ m}^3 = 2.455 \text{ L}$$

Los depósitos serán seleccionados de entre los que comercializa la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A que fabrica depósitos en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Serán del tipo D con una capacidad de 10.000 L y 3.000 L, son depósitos de capacidad superior a la calculada y nos prestarán una autonomía de:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{10 \text{ m}^3}{0,466 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 21,46 \text{ d}$$

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{3 \text{ m}^3}{0,06138 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 48,87 \text{ d}$$

Con la capacidad elegida tenemos las siguientes posibles dimensiones:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 10.000        | 1,700 | 4,573 |
|               | 2,000 | 3,316 |
|               | 2,250 | 2,725 |

Tabla A.5.3.1.1 Dimensiones depósito Hipoclorito Sódico pretratamiento.

La superficie que ocupan es similar sin embargo en la altura hay mayor diferencia, en base a esto elegimos el de diámetro 2 metros y altura de 3,316 metros.

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 3.000         | 1,200 | 2,769 |

Tabla A.5.3.1.2 Dimensiones depósito Hipoclorito Sódico post-tratamiento.

Para el depósito del postratamiento las dimensiones que tendrá son un diámetro de 1,2 metros y una altura de 2,769 metros.

#### A.5.3.2. Ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico se usa como reactivo en el pretratamiento en disolución al 98-99% con un consumo de 0,136 m<sup>3</sup>/d (5,66 L/h) por línea, por tanto para las dos líneas 0,272 m<sup>3</sup>/d (11,32 L/h). El depósito de almacenaje que nos de una capacidad de abastecimiento para veinte días deberá tener un aforo de:

$$\text{Capacidad} = 0,272 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 20 \text{ d} = 5,44 \text{ m}^3 = 5.440 \text{ L}$$

Será escogido de entre los depósitos de almacenaje fabricados por AIQSA. Al ser para un ácido fuerte se confeccionará de polietileno de alta densidad (PEAD) y se escogerá del tipo D. Para la capacidad que necesitamos AIQSA oferta:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 6.000         | 1,400 | 4,075 |

Tabla A.5.3.2.1. Dimensiones depósito Hipoclorito Sódico.

Días de abastecimiento:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{6 \text{ m}^3}{0,272 \text{ m}^3/d} = 22,06 \text{ d}$$

#### A.5.3.3. Bisulfito de sodio.

Este reactivo se usa en el pretratamiento dosificando a una ruta como calculamos  $0,1685 \text{ m}^3/d$  (7,02 L/h), sobre el global de la corriente de agua bruta será  $0,337 \text{ m}^3/d$  (14,04 L/h). El depósito como en los casos anteriores debe cubrir la necesidad de producto durante veinte días, lo que conlleva la siguiente capacidad:

$$\text{Capacidad} = 0,337 \text{ m}^3/d \times 20 \text{ d} = 6,74 \text{ m}^3 = 6.740L$$

Para cubrir esta capacidad la empresa AIQSA, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, tiene en el modelo tipo D una posibilidad de medidas:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 7.000         | 1,400 | 4,739 |
|               | 1,700 | 3,239 |

Tabla A.5.3.3.1. Dimensiones depósito Bisulfito De sodio.

En este caso la mayor diferencia está en la altura, para evitar tanta altura y puesto que la diferencia de superficie ocupada es menor se elegirá el depósito con diámetro de 1,7 metros y altura 3,239 metros, que nos dará una autonomía real del depósito será:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{7 \text{ m}^3}{0,337 \text{ m}^3/d} = 20,77 \text{ d}$$

#### A.5.3.4. Cloruro férrico.

Del apartado de los cálculos de la dosificación se halla que el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) tiene una adición a la línea de  $0,068 \text{ m}^3/\text{d}$  ( $2,833 \text{ L/h}$ ) y para las dos rutas se añadirá  $0,136 \text{ m}^3/\text{d}$  ( $5,667 \text{ L/h}$ ), de lo que se desprende que la capacidad de su depósito de almacenaje para veinte días deberá ser:

$$\text{Capacidad} = 0,136 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 20 \text{ d} = 2,72 \text{ m}^3 = 2.720 \text{ L}$$

Al igual que para el reactivo anterior no podremos elegir las dimensiones del depósito ya que AIQSA solo dispone de un diseño para del tipo D para este volumen. Como para el bisulfito de sodio el tanque será de PRFV.

Con todo esto el depósito tiene las dimensiones de la tabla abajo expuesta.

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 3.000         | 1,200 | 2,769 |

Tabla A.5.3.4.1. Dimensiones depósito Cloruro Férrico.

La autonomía real del depósito será:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{3 \text{ m}^3}{0,136 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 22,06 \text{ d}$$

#### A.5.3.5. Genesys HR.

Para la elección del depósito como hemos visto hasta ahora, son la capacidad y posibilitar el abastecimiento durante veinte días los criterios de selección. Sin embargo en el producto Genesys HR la dosis usada es muy

pequeña y puesto que es un producto con un periodo para su caducidad amplio, el periodo durante el cual debe poder abastecer el depósito se establecerá en cincuenta días. Así el depósito deberá tener un volumen de:

$$Q_d = 0,0261 \frac{m^3}{d} \times 2 = 0,0522 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Capacidad} = 0,0522 \frac{m^3}{d} \times 50 d = 2,61 m^3 = 2.610 L$$

El depósito comercializado por AIQSA en poliéster reforzado con fibra de vidrio que se corresponde con esa capacidad tiene las consiguientes extensiones:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 3.000         | 1,200 | 2,769 |

Tabla A.5.3.5.1. Dimensiones depósito Genesys HR.

Solo disponemos de una opción cuya autonomía real será:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{3 m^3}{0,0522 \frac{m^3}{d}} = 57,47 d$$

#### A.5.3.6. Hidróxido cálcico.

De nuevo en base al consumo del producto y en la autonomía deseada. El consumo calculado fue de 0,938 m<sup>3</sup>/d (39,08 L/h), y extendiendo a la producción global se inyectará 1,876 m<sup>3</sup>/d (78,16 L/h), y como criterio de autonomía se estableció veinte días. Sin embargo debido a la importancia de que la disolución de hidróxido cálcico sea de reciente preparación, optaremos por dos depósitos en lugar de uno. Esto permitirá mientras se agota la disolución de uno la preparación del producto en el otro. Lo que refleja que cada uno tendrá una autonomía de diez días:

$$\text{Capacidad} = 1,876 \frac{m^3}{d} \times 10 d = 18,76 m^3 = 18.760 L$$



En el catálogo de AIQSA para depósitos de almacenaje tipo D fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio y una capacidad de 19 m<sup>3</sup> (19.000 L) aparece:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 19.000        | 2,250 | 5,035 |
|               | 2,500 | 4,157 |

Tabla A.5.3.6.1. Dimensiones depósito Hidróxido Cálculo.

La superficie de planta que ocuparán las dos opciones es prácticamente igual por tanto el otro criterio para la elección será una menor altura, esto nos deja como designación el que posee diámetro de 2,5 metros y altura de 4,157, el cual nos dará una autonomía de:

$$\text{Autonomía (d)} = \frac{19 \text{ m}^3}{1,876 \text{ m}^3/d} = 10,12 \text{ d}$$

## **A.6. DIMENSIONADO DE TUBERÍAS.**

Las tuberías de la instalación deben permitir el transporte del agua desde el punto de captación hasta los bastidores, así como de los dos flujos que se originan tras el proceso, el producto hasta el depósito de almacenamiento y la salmuera al punto de vertido. Deben también de permitir la dosificación de reactivos y tener agua disponible para servicios auxiliares.

La nueva tendencia es sustituir las tuberías de materiales o aleaciones férreas por materiales compuestos y plásticos y a la vez por la extremada sensibilidad de las membranas a los óxidos de hierro, ya que provocan obturación de sus poros reduciéndose considerablemente la vida útil de las mismas.

Los cálculos se realizarán para una vía y serán extensibles para la otra ya que será idéntica.

Para una mejor gestión de datos y expresión de información y resultados se identificará cada tramo de tubería con un dígito de control de acuerdo a un código. El dígito de control tendrá apartados que codificarán la información siguiente:

❖ Tipo de fluido que circula:

- Agua de mar (AM); agua de mar que es captada y llevada al depósito intermedio para desde allí alimentar los bastidores de ósmosis inversa.
- Agua permeado (P); agua desalada que procede de los bastidores.
- Agua rechazo (R); agua rechazo de las membranas.
- Agua producto (AP); agua preparada para su consumo procedente del depósito de agua producto.
- Solución del lavado de membranas (LM).
- Agua para servicio (AS).
- Dosificación ácido sulfúrico (DAS).
- Dosificación hipoclorito sódico (DHS)
- Dosificación cloruro férrico (DCF).
- Dosificación bisulfito sodio (DBS).
- Dosificación inhibidor (DIH).
- Dosificación hidróxido cálcico (DHC).

❖ Línea uno (A) o dos (B).

❖ Posición:

- Número 01; tubería desde los pozos de captación hasta depósito alimentación.

- Número 02; tubería que ensambla el depósito de alimentación con los filtros de malla para filtración grosera.
- Número 03; tubería desde filtros de malla hasta el conducto difusión de alimentación de los filtros de cartuchos.
- Número 04; tubería difusora de la alimentación de filtros de cartuchos.
- Número 05; tubería alimentación de los filtros de cartuchos.
- Número 06; tubería salida de los filtros.
- Número 07; tubería colectora de las salidas de los filtros de cartuchos.
- Número 08; tubería que une colector de las salidas de filtros de cartuchos con las bombas de alta presión.
- Número 09; tubería de salida de las bombas de alta presión hasta bifurcación.
- Número 10; tubería que va desde la bifurcación hasta bombas de alta presión hasta los bastidores de la primera etapa.
- Número 11; tubería difusora de alimentación de las hileras de tubos de presión de la primera etapa.
- Número 12; tubería colector del permeado de la hilera de tubos de presión de la primera etapa y segunda etapa.
- Número 13; tubería colector de permeado de un bastidor de la primera etapa.
- Número 14; tubería colector del permeado de dos bastidores de la primera etapa.
- Número 15; tubería colector del permeado de la primera etapa de las dos líneas.
- Número 16; tubería colector del permeado del bastidor de la segunda etapa.
- Número 17; tubería colector del permeado total de ambas etapas que va hasta el tanque de agua producto.
- Número 18; tubería colector del rechazo de la hilera de tubos de presión de la primera etapa.

- Número 19; tubería colector del rechazo de cada bastidor de la primera etapa.
  - Número 20; tubería colector general del rechazo de la primera etapa que alimenta al bastidor de la segunda etapa.
  - Número 21; tubería difusora de alimentación de las hileras de tubos de presión de la segunda etapa.
  - Número 22; tubería colector del rechazo de la hilera de tubos de presión de la segunda etapa.
  - Número 23; tubería colector del rechazo del bastidor de la segunda etapa que va hasta la turbina de recuperación.
  - Número 24; tubería que sale de la turbina de recuperación de la línea A y va hacia vertido.
  - Número 25; tubería colector general de rechazo de turbinas hacia vertido.
  - Número 26; tubería difusora de vertido en el mar.
  - Número 27; tubería que conduce el agua producto fuera de la estación desaladora desde el tanque de agua producto.
  - Número 28; tubería de agua de servicio para el llenado de depósitos.
  - Número 29; tubería que une el depósito de lavado de membranas con las tuberías de alimentación de los bastidores.
  - Número 30; tubería regreso solución de lavado de membranas.
- ❖ Presión alta (AP) o baja (BP).

Los apartados seguirán el formato y orden dentro del guarismo de control que se muestra a continuación:

TIPO DE AGUA / LÍNEA - POSICIÓN / PRESIÓN

Las tuberías de dosificación no llevarán el guarismo de línea A o B, ya que son externas y no una continuidad de la línea de producción y como dígito de posición llevarán el del tramo el que conectan.

Las tuberías de agua servicio tampoco llevarán el guarismo de línea A o B, ya que igualmente son externas y no una continuidad de la línea de producción.

Las tuberías que van desde los pozos de captación hasta el depósito intermedio no tendrán identificativo de línea A o B, y se considerarán externas del proceso productivo el cual se considera que empieza en el tanque de alimentación o intermedio.

Todas las tuberías externas en lugar del guarismo de línea llevarán el dígito (E) que las identifica como tramos externos a la línea de producción.

El tramo número 17 no llevará dígito de vía ya que es el total de ambas líneas.

#### **A.6.1. Tuberías de baja presión.**

Las tuberías de baja presión acorde con lo expresado antes serán de materiales plásticos que soportaran las sollicitaciones de presión y no darán problemas de corrosión. Los materiales plásticos serán de polietileno de baja densidad (PEBD) o de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), dependiendo del diámetro. Se establece que tuberías con diámetros inferiores a 4 pulgadas (101,6 mm) irán en PEBD y superiores en PRFV.

Las tuberías en PRFV el fabricante será al igual que para los recipientes, la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA), la cual fabrica la tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio de acuerdo con la norma DIN 16965-1 Clase A y DIN 16965-5 Clase E. Ambas con las características:

- ❖ Capa de resistencia mecánica realizada con resina ortoftálica de un punto de distorsión de 60°C.
- ❖ Capa de resistencia mecánica realizada con resina ortoftálica de un punto de distorsión de 96°C.
- ❖ Capa de resistencia mecánica realizada con resina bifenólica tipo Altac.
- ❖ Capa externa con velo de superficie vidrio tipo C y Top-coat realizada con resina bifenólica tipo Altac.

Pero se distinguen en:

- ❖ DIN 16965-1 clase A:
  - Capa interna de barrera química de 1 mm de espesor con velo de superficie de vidrio tipo C realizada con resina bifenólica tipo Altac.
  - Densidad media del laminado 1,8
  - Resistencia 120 N/mm<sup>2</sup>
  
- ❖ DIN 16965-5 clase E:
  - Capa interna de barrera química de 2,5mm de espesor con velo de superficie de vidrio tipo C realizada con resina bifenólica tipo Altac.
  - Densidad media del laminado 1,6
  - Resistencia 81 N/mm<sup>2</sup>

Como nuestra tubería no va a tener unos requerimientos importantes de resistencia mecánica ni química usaremos tubería DIN 16965-1 clase A que además tiene menor coste.

Las tuberías PEBD se seleccionarán de la empresa Tuborama 2004 y el modelo será la Familia 0108. Como excepción estará el conducto de dosificación del ácido sulfúrico que al igual que su depósito será de polietileno de alta densidad (PEAD) y el modelo elegido el PE-100 MRS-100, también de la empresa Tuborama 2004.

El cálculo de estas tuberías consiste en mediante el caudal que circula por la tubería, hallado dividiendo el caudal total entre el número de tuberías, y la suposición de una velocidad del fluido por la tubería encontrar un diámetro.

El diámetro del conducto será el diámetro nominal del fabricante inmediatamente superior al hallado en el procedimiento de cálculo. Siempre cerciorándonos de que ese diámetro nominal se fabrica para nuestra presión de nominal de la línea. Una consideración especial merece los ramales que recogen el permeado de las filas de tubos de los bastidores. Cada bastidor produce 2.505,66 m<sup>3</sup>/día por tanto cada tubo de presión producirá:

$$Q_{TP} = \frac{2.505,66 \text{ m}^3/d}{31 TP} = 80,83 \frac{\text{m}^3/d}{TP}$$

De las tres hileras de tubos de presión que hay por bastidor, dos de ellas contienen 10 tubos y la otra 11 tubos de presión, por tanto:

$$Q_{hilera 10} = 80,83 \frac{\text{m}^3/d}{TP} \times 10 TP = 808,3 \text{ m}^3/d$$
$$Q_{hilera 11} = 80,83 \frac{\text{m}^3/d}{TP} \times 11 TP = 889,13 \text{ m}^3/d$$

Acorde con esto y para simplificar el proceso de cálculo, tomaremos para las tuberías colectoras de dichas hileras el caudal mayor, suponiendo hileras de 11 tubos.

Los tramos que van desde el depósito intermedio hasta las bombas de alta presión, no podrán soportar una presión superior a 150 psi (10,3 bar), puesto que en ese trayecto se encuentran tanto filtros de malla como de cartuchos y esa es su presión máxima de trabajo.

Por ejemplo para el tramo AM/E-01/BP que va desde los pozos de captación hasta el depósito intermedio. Este tramo lo forman cuatro tuberías, una desde cada pozo que se consideran ajenas a la línea de producción. El caudal total del tramo es 25.000 m<sup>3</sup>/día y supondremos una velocidad de 3 m/segundo.

$$Q_{tubería} = \frac{Q_T}{n^{\circ} tuberías} = \frac{25.000 \text{ m}^3/d}{4} = 6.250 \text{ m}^3/d$$

$$Q_{tubería} = 6.250 \text{ m}^3/d \times \frac{1 d}{24 h} \times \frac{1 h}{3.600 s} = 0,07234 \text{ m}^3/s$$

A partir del caudal de la conducción y teniendo en cuenta la relación del caudal con la velocidad y el área de sección transversal de la tubería:

$$v_{fluido} = \frac{Q_{tubería}}{S_{tubería}}$$

$$D_{tubería} = \sqrt{\frac{Q_{tubería}}{v_{fluido} \times \pi/4}} = \sqrt{\frac{0,07234 \text{ m}^3/s}{3 \text{ m/s} \times \pi/4}} = 0,17522 \text{ m} = 175,22 \text{ mm}$$

$$D_{tubería} = 175,22 \text{ mm} = 6,83''$$

Como indicamos al ser el diámetro mayor de 101,6 mm (4 pulgadas) la tubería será de PRFV. En base a lo expuesto en párrafos anteriores será fabricada por AIQS, de acuerdo con la norma DIN 16965-1 Clase A. Del catálogo de AIQSA, disponible en el apartado B.6 del Anexo B: Datos Técnicos, sacamos como diámetro nominal inmediatamente superior 200 mm. Así el conducto de este tramo tendrá un DN igual a 200 mm, PN 10 bar, espesor 6,2 mm y un peso de 7,1 Kg/m.

Para el resto de conductos de baja presión el procedimiento de cálculo será el mismo.



Los resultados obtenidos se indican en la tabla que prosigue:

| TRAMO      | $Q_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}^3/\text{d}$ ) | $Q_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | $V_{\text{fluido}}$<br>( $\text{m/s}$ ) | $D_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}$ ) | $D_{\text{tubería}}$<br>( $\text{mm}$ ) |
|------------|---|---|---|--|---|
| AM/E-01/BP | 6.250,00  | 0,07234   | 3                                       | 0,1752                                 | 175,22                                  |
| AM/L-02/BP | 12.500,00   | 0,14468   | 3                                       | 0,2478                                 | 247,79                                  |
| AM/L-03/BP | 12.500,00   | 0,14468   | 3                                       | 0,2478                                 | 247,79                                  |
| AM/L-04/BP | 6.250,00  | 0,07234   | 3                                       | 0,1752                                 | 175,22                                  |
| AM/L-05/BP | 3.125,00  | 0,03617   | 3                                       | 0,1239                                 | 123,90                                  |
| AM/L-06/BP | 3.125,00  | 0,03617   | 3                                       | 0,1239                                 | 123,90                                  |
| AM/L-07/BP | 6.250,00  | 0,07234   | 3                                       | 0,1752                                 | 175,22                                  |
| AM/L-08/BP | 12.500,00   | 0,14468   | 3                                       | 0,2478                                 | 247,79                                  |

Tabla A.6.1.1. Cálculo diámetro para tuberías AM/BP.

| TRAMO     | $Q_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}^3/\text{d}$ ) | $Q_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | $V_{\text{fluido}}$<br>( $\text{m/s}$ ) | $D_{\text{tubería}}$<br>( $\text{m}$ ) | $D_{\text{tubería}}$<br>( $\text{mm}$ ) |
|-----------|---|---|---|--|---|
| P/L-12/BP | 1.293,24  | 0,01497   | 4                                       | 0,0690                                 | 69,03                                   |
| P/L-13/BP | 2.505,66  | 0,02900   | 4                                       | 0,0961                                 | 96,08                                   |
| P/L-14/BP | 5.011,32  | 0,05800   | 4                                       | 0,1359                                 | 135,88                                  |
| P/L-15/BP | 3.556,42  | 0,04116   | 4                                       | 0,1145                                 | 114,47                                  |
| P/L-16/BP | 2.505,66  | 0,02900   | 4                                       | 0,0961                                 | 96,08                                   |
| P/17/BP   | 15.033,98   | 0,17400   | 4                                       | 0,2353                                 | 235,34                                  |
| R/L-24/BP | 4.983,01  | 0,05767   | 4                                       | 0,1355                                 | 135,49                                  |
| R/L-25/BP | 9.966,03  | 0,11535   | 4                                       | 0,1916                                 | 191,61                                  |
| R/L-26/BP | 4.983,01  | 0,05767   | 4                                       | 0,1355                                 | 135,49                                  |

Tabla A.6.1.2. Cálculo diámetro para tuberías P/BP y R/BP.

| TRAMO       | $Q_{\text{tubería}}$<br>(m <sup>3</sup> /d) | $Q_{\text{tubería}}$<br>(m <sup>3</sup> /s) | $V_{\text{fluido}}$<br>(m/s) | $D_{\text{tubería}}$<br>(m) | $D_{\text{tubería}}$<br>(mm) |
|-------------|---|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| AP/E-27/BP  | 15.033,97                                   | 0,17400                                     | 4,0                          | 0,2353                      | 235,34                       |
| AS/E-28/BP  | 200,00                                      | 0,00231                                     | 3                            | 0,0313                      | 31,34                        |
| DAS/E-01/BP | 0,2720                                      | 3,148E-06                                   | 1,5                          | 0,00163                     | 1,63                         |
| DBS/E-03/BP | 0,3370                                      | 3,900E-06                                   | 1,5                          | 0,00182                     | 1,819                        |
| DCF/E-02/BP | 0,1360                                      | 1,574E-06                                   | 1,5                          | 0,00116                     | 1,156                        |
| DHC/E-27/BP | 1,8780                                      | 2,174E-05                                   | 1,5                          | 0,00430                     | 4,29                         |
| DHS/E-01/BP | 0,4660                                      | 5,394E-06                                   | 1,5                          | 0,00214                     | 2,14                         |
| DHS/E-27/BP | 0,0614                                      | 7,106E-07                                   | 1,5                          | 0,00078                     | 0,777                        |
| DIH/E-03/BP | 0,0522                                      | 6,042E-07                                   | 1,5                          | 0,00072                     | 0,716                        |
| LM/E-29/BP  | 3.270,00                                    | 0,03785                                     | 3                            | 0,12674                     | 126,74                       |
| LM/E-30/BP  | 3.270,00                                    | 0,03785                                     | 3                            | 0,12674                     | 126,74                       |

Tabla A.6.1.3. Cálculo diámetro para tuberías externas de línea (excepción AM).

Sacaremos el nominal, las tuberías de PRFV del modelo DIN 16965-1 Clase A de AIQSA. Las dosificadoras y de agua de servicio serán de polietileno de baja densidad (PEBD), menos la de dosificación del ácido sulfúrico que serán de PEAD.

| TRAMO      | $D_N$ (mm) | $P_N$ (bar) | Espesor (mm) | Peso(Kg/m) | $v_{\text{real}}$ | Material |
|------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------------|----------|
| AM/E-01/BP | 200        | 10          | 6,2          | 7,1        | 2,30              | PRFV     |
| AM/L-02/BP | 250        | 10          | 7,4          | 10,9       | 2,95              | PRFV     |
| AM/L-03/BP | 250        | 10          | 7,4          | 10,9       | 2,95              | PRFV     |
| AM/L-04/BP | 200        | 10          | 6,2          | 7,1        | 2,30              | PRFV     |
| AM/L-05/BP | 125        | 10          | 4,2          | 3,2        | 2,95              | PRFV     |
| AM/L-06/BP | 125        | 10          | 4,2          | 3,2        | 2,95              | PRFV     |
| AM/L-07/BP | 200        | 10          | 6,2          | 7,1        | 2,30              | PRFV     |
| AM/L-08/BP | 250        | 10          | 7,4          | 10,9       | 2,95              | PRFV     |

Tabla A.6.1.4. Cálculo diámetro nominal para tuberías AM/BP.

| TRAMO       | D <sub>N</sub> (mm) | P <sub>N</sub> (bar) | Espesor (mm) | Peso(Kg/m) | v <sub>real</sub> | Material |
|-------------|---------------------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------|
| P/L-12/BP   | 80                  | 10                   | 3,1          | 1,7        | 2,98              | PRFV     |
| P/L-13/BP   | 100                 | 10                   | 3,6          | 2,4        | 3,69              | PRFV     |
| P/L-14/BP   | 150                 | 10                   | 4,9          | 4,4        | 3,28              | PRFV     |
| P/L-15/BP   | 125                 | 10                   | 4,2          | 3,2        | 3,35              | PRFV     |
| P/L-16/BP   | 100                 | 10                   | 3,6          | 2,4        | 3,69              | PRFV     |
| P/17/BP     | 250                 | 10                   | 7,4          | 10,9       | 3,54              | PRFV     |
| R/L-24/BP   | 150                 | 10                   | 4,9          | 4,4        | 3,26              | PRFV     |
| R/L-25/BP   | 200                 | 10                   | 6,2          | 7,1        | 3,67              | PRFV     |
| R/L-26/BP   | 150                 | 10                   | 4,9          | 4,4        | 3,26              | PRFV     |
| AP/E-27/BP  | 250,00              | 16                   | 11           | 17,8       | 3,545             | PRFV     |
| AS/E-28/BP  | 32,6                | 6                    | 3,7          | ---        | 2,77              | PEBD     |
| DAS/E-01/BP | 15,4                | 16                   | 2,3          | ---        | 0,02              | PEAD     |
| DBS/E-03/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,02              | PEBD     |
| DCF/E-02/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,01              | PEBD     |
| DHC/E-27/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,11              | PEBD     |
| DHS/E-01/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,03              | PEBD     |
| DHS/E-27/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,00              | PEBD     |
| DIH/E-03/BP | 16                  | 6                    | 2            | ---        | 0,00              | PEBD     |
| LM/E-29/BP  | 150                 | 10                   | 4,9          | 4,4        | 2,14              | PRFV     |
| LM/E-30/BP  | 150                 | 10                   | 4,9          | 4,4        | 2,14              | PRFV     |

Tabla A.6.1.5. Cálculo diámetro nominal para tuberías BP.

### A.6.2. Tuberías de alta presión.

Son las asociadas a la bomba y tubos de presión, las definen sus solicitudes de alta presión y poseer una resistencia química admisible para no corroerse.

Se adquirirán a la empresa Productos Inoxidables S.A, fabricadas de acero inoxidable AISI 316L, que es el más usado y adecuado para las condiciones bajo las que operarán las tuberías. Tendrán unas condiciones de operación de 77,4 bar ( $77,4 \times 10^5$  Pa) y como el acero inoxidable AISI 316L tiene una tensión máxima admisible de  $230 \times 10^6$  Pa. Las tuberías de alimentación y

rechazo de los bastidores soportarán prácticamente la misma presión, el Schedule mínimo requerido será:

$$Sch = \frac{1000 \times 77,4 \text{ bar}}{2300 \text{ bar}} = 33,65$$

Esto exige que nuestras tuberías sean de un Schedule estandarizado mínimo de 40.

Se calculará el diámetro igual que para tuberías de baja presión pero por los requerimientos de presión después se comprobará que el espesor es adecuado para la presión de trabajo.

Las tuberías de alta presión las forman la conducción que une la bomba de alta presión con las membranas y la tubería de salida del rechazo de los bastidores que conducen la salmuera hasta la turbina de recuperación.

Existirá una tubería principal de alimentación de los bastidores desde la bomba de alta presión y unas tuberías secundarias que ramificarán el caudal para las hileras de tubos de presión.

El cálculo para el conducto AM/L-10/AP:

$$Q_{\text{tubería}} = \frac{Q_r}{n^{\circ} \text{ tuberías}} = \frac{12.500 \text{ m}^3/d}{2} = 6.250 \text{ m}^3/d$$

$$Q_{\text{tubería}} = 6.250 \text{ m}^3/d \times \frac{1 d}{24 h} \times \frac{1 h}{3.600 s} = 0,07234 \text{ m}^3/s$$

El diámetro por tanto será:

$$v_{\text{fluido}} = \frac{Q_{\text{tubería}}}{S_{\text{tubería}}}$$

$$D_{\text{tubería}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{tubería}}}{v_{\text{fluido}} \times \pi/4}} = \sqrt{\frac{0,07234 \text{ m}^3/s}{3 \text{ m/s} \times \pi/4}} = 0,17522 \text{ m} = 175,22 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tubería}} = 175,22 \text{ mm} = 6,83''$$

El resultado que arroja el procedimiento de cálculo para el resto de tuberías, suponiendo una velocidad dentro de la conducción del fluido de 3 m/s, se refleja en la siguiente tabla:

| TRAMO      | Q <sub>tubería</sub><br>(m <sup>3</sup> /d) | Q <sub>tubería</sub><br>(m <sup>3</sup> /s) | V <sub>fluido</sub><br>(m/s) | D <sub>tubería</sub><br>(m) | D <sub>tubería</sub><br>(mm) | D <sub>tubería</sub><br>(inch) |
|------------|---|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| AM/L-09/AP | 12.500,00                                   | 0,14468                                     | 5,0                          | 0,1919                      | <b>191,94</b>                | 7,49                           |
| AM/L-10/AP | 6.250,00                                    | 0,07234                                     | 3,0                          | 0,1752                      | <b>175,22</b>                | 6,83                           |
| AM/L-11/AP | 3.125,00                                    | 0,03617                                     | 3,0                          | 0,1239                      | <b>123,90</b>                | 4,83                           |
| R/L-18/AP  | 1.932,56                                    | 0,02237                                     | 3,0                          | 0,0974                      | <b>97,43</b>                 | 3,80                           |
| R/L-19/AP  | 3.744,34                                    | 0,04334                                     | 3,0                          | 0,1356                      | <b>135,62</b>                | 5,29                           |
| R/L-20/AP  | 7.488,68                                    | 0,08667                                     | 3,0                          | 0,1918                      | <b>191,80</b>                | 7,48                           |
| R/L-21/AP  | 3.744,34                                    | 0,04334                                     | 3,0                          | 0,1356                      | <b>135,62</b>                | 5,29                           |
| R/L-22/AP  | 2.491,51                                    | 0,02884                                     | 3,0                          | 0,1106                      | <b>110,63</b>                | 4,31                           |
| R/L-23/AP  | 4.983,01                                    | 0,05767                                     | 3,0                          | 0,1565                      | <b>156,45</b>                | 6,10                           |

Tabla A.6.2.1. Cálculo diámetro tuberías AP.

A partir de este diámetro, del catálogo de la empresa Productos Inoxidables S.A, que se puede ver en el apartado B.6.3 del Anexo B: Datos Técnicos, seleccionamos el diámetro exterior de 200 mm y espesor de la tubería de 8,18 para un Schedule de 40S.

| TRAMO      | D <sub>tubería</sub><br>(mm) | D <sub>N</sub><br>(mm) | Sch | E <sub>N</sub><br>(mm) | Peso<br>(Kg/m) | Modelo    | Empresa |
|------------|------------------------------|------------------------|-----|------------------------|----------------|-----------|---------|
| AM/L-09/AP | <b>191,94</b>                | 200                    | 40S | 8,18                   | 43,13          | AISI 316L | Proinox |
| AM/L-10/AP | <b>175,22</b>                | 200                    | 40S | 8,18                   | 43,13          | AISI 316L | Proinox |
| AM/L-11/AP | <b>123,90</b>                | 125                    | 40S | 6,55                   | 22,1           | AISI 316L | Proinox |
| R/L-18/AP  | <b>97,43</b>                 | 100                    | 40S | 6,02                   | 16,32          | AISI 316L | Proinox |
| R/L-19/AP  | <b>135,62</b>                | 150                    | 40S | 7,11                   | 28,69          | AISI 316L | Proinox |
| R/L-20/AP  | <b>191,80</b>                | 200                    | 40S | 8,18                   | 43,13          | AISI 316L | Proinox |
| R/L-21/AP  | <b>135,62</b>                | 150                    | 40S | 7,11                   | 28,69          | AISI 316L | Proinox |
| R/L-22/AP  | <b>110,63</b>                | 125                    | 40S | 6,55                   | 22,1           | AISI 316L | Proinox |
| R/L-23/AP  | <b>156,45</b>                | 200                    | 40S | 8,18                   | 43,13          | AISI 316L | Proinox |

Tabla A.6.2.2. Cálculo diámetro nominal para tuberías AP.

La velocidad real será:

| TRAMO      | D <sub>N</sub> (mm) | D <sub>ext</sub> (mm) | D <sub>Int</sub> (mm) | v <sub>real</sub> |
|------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| AM/L-09/AP | 200                 | 219,08                | 202,72                | 1,919             |
| AM/L-10/AP | 200                 | 219,08                | 202,72                | 1,919             |
| AM/L-11/AP | 125                 | 141,43                | 128,33                | 2,302             |
| R/L-18/AP  | 100                 | 114,30                | 102,26                | 2,18              |
| R/L-19/AP  | 150                 | 168,28                | 154,06                | 1,948             |
| R/L-20/AP  | 200                 | 219,08                | 202,72                | 2,299             |
| R/L-21/AP  | 150                 | 168,28                | 154,06                | 1,948             |
| R/L-22/AP  | 125                 | 141,43                | 128,33                | 1,835             |
| R/L-23/AP  | 200                 | 219,08                | 202,72                | 1,53              |

Tabla A.6.2.3. Cálculo velocidad real para tuberías AP.

Se debe comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado. El cálculo se realizara bajo la Norma ASA "American Standard Association" donde el espesor es:

$$e_{\min}(mm) = \left( \frac{P \times D_{ext}}{2 \times E \times \sigma_t + 0,8 \times P} + C \right) \times M$$

Donde:

P (presión de fluido) = 8,509E+06 Pa.

D<sub>ext</sub> (diámetro exterior de la tubería en mm).

E (eficiencia de la soldadura) = 1

C (sobre espesor de corrosión) = 1,5 mm.

M (tolerancia de fabricación) = 1,125.

σ<sub>t</sub> (esfuerzo de trabajo admisible del material) = 230 x10<sup>6</sup> Pa.

La presión se ha tomado la presión de diseño mas un 10% de factor de seguridad, la eficiencia de la junta tiene un valor igual a 1 al ser tuberías sin soldar, el valor del sobre espesor de corrosión y la tolerancia de fabricación

queda definido al ser un acero inoxidable y la tensión máxima admisible se fijará la del material AISI 316L.

Sustituyendo para todas las tuberías:

| TRAMO      | D <sub>N</sub> (mm) | E <sub>N</sub> (mm) | Sch | D <sub>ext</sub> (mm) | E <sub>P</sub> (mm) |
|------------|---------------------|---------------------|-----|-----------------------|---------------------|
| AM/L-09/AP | 200                 | 8,18                | 40S | 219,08                | <b>6,18</b>         |
| AM/L-10/AP | 200                 | 8,18                | 40S | 219,08                | <b>6,18</b>         |
| AM/L-11/AP | 125                 | 6,55                | 40S | 141,43                | <b>4,59</b>         |
| R/L-18/AP  | 100                 | 6,02                | 40S | 114,30                | <b>4,03</b>         |
| R/L-19/AP  | 150                 | 7,11                | 40S | 168,28                | <b>5,14</b>         |
| R/L-20/AP  | 200                 | 8,18                | 40S | 219,08                | <b>6,18</b>         |
| R/L-21/AP  | 150                 | 7,11                | 40S | 168,28                | <b>5,14</b>         |
| R/L-22/AP  | 125                 | 6,55                | 40S | 141,43                | <b>4,59</b>         |
| R/L-23/AP  | 200                 | 8,18                | 40S | 219,08                | <b>6,18</b>         |

Tabla A.6.2.4. Comprobación del espesor para tuberías AP.

## **A.7. MEZCLADORES ESTÁTICOS Y AGITADORES.**

### **A.7.1. Mezcladores estáticos.**

Con el fin de mejorar la mezcla de los productos químicos dosificados a la línea en el postratamiento y pretratamiento se montarán mezcladores estáticos. Mejorarán la eficacia del proceso global de desalación mejorando la inyección de los mismos. Los mezcladores serán los denominados CompaX, son una innovación comercializada por Sulzer, originada por su división Sulzer Chemtech.

Se inyectarán reactivos en los tramos AM/L-01/BP, AM/L-02/BP, AM/L-03/BP y AP/E-27/BP.

El dispositivo presenta una eficiencia de mezcla alta asegurando una mezcla homogénea. Básicamente funciona como indica la siguiente figura:

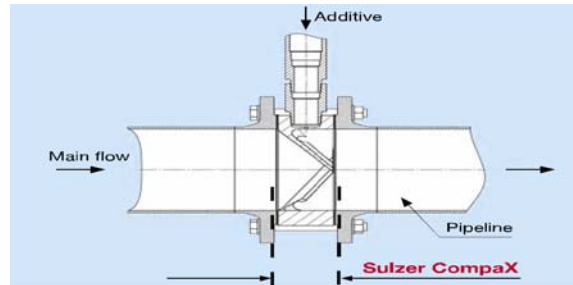


Figura A.7.1. Funcionamiento del mezclador Compax

Fuente: [www.sulzerhemtech.com](http://www.sulzerhemtech.com)

El dimensionado para el mezclador de tramo AM/L-01/BP comenzará con el cálculo de la longitud. La longitud del elemento como se ha dicho es un 30% del diámetro de la tubería.

$$L_{\text{Mezclador}} = 0,3 \times \phi_{\text{tubería}}$$

$$L_{\text{Mezclador}} = 0,3 \times 0,2 \text{ m} = 0,06 \text{ m}$$

Longitud que queda lejos del medio metro como mínimo que posee cada elemento de un mezclador estático usual, sin contar que el al menos son necesarios dos elementos. En cuanto a la caída de presión se calcula según Sulzer con  $\rho$  y  $v$ , la densidad y velocidad del agua respectivamente:

$$\Delta P = 0,022 \times \rho \times v^2$$

$$\rho = 1.028,6 - 0,2 \times 18^\circ \text{ C} = 1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Delta P = 0,022 \times 1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times (2,303 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 119,53 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$\Delta P = 119,53 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 0,11953 \text{ bar} = 1,22 \text{ m}$$

Dato también mejor que el proporcionado por los mezcladores estáticos habituales que ofrecen cifras similares por elemento siendo el mínimo de dos elementos como dijimos.



En la tabla siguiente se esquematiza los resultados obtenidos para los tramos.

| TRAMO      | $D_N$ (mm) | $L_{Mezclador}$ (m) | $V$ (m/s) | $\Delta P$ (mbar   m) |      |
|------------|------------|---------------------|-----------|-----------------------|------|
| AM/E-01/BP | 200        | 0,06                | 2,303     | 119,53                | 1,22 |
| AM/L-02/BP | 250        | 0,075               | 2,947     | 195,73                | 1,99 |
| AM/L-03/BP | 250        | 0,075               | 2,947     | 195,73                | 1,99 |
| AP/E-27/BP | 250        | 0.075               | 3,545     | 283.22                | 2,89 |

Tabla A.7.1. Longitud y caída de presión de los mezcladores CompaX.

### A.7.2. Agitadores.

Con el objetivo de conseguir una mezcla homogénea en la preparación de las soluciones de Genesol 37 e hidróxido cálcico, lo contrario produciría una desviación de lo proyectado, se instalarán en sus depósitos agitadores. Un agitador fijo en el depósito de lavado y otro intercambiable entre los dos depósitos de hidróxido cálcico.

El parámetro que nos definirá la selección del agitador será el volumen a agitar, que para el depósito de lavado de membranas de  $16 \text{ m}^3$  y para el hidróxido cálcico será  $19 \text{ m}^3$ . Seleccionaremos el agitador adecuado de la empresa Savino Barbera S.A con la siguiente tabla:

| $\text{m}^3$ | Tipo lento                 | KW           | Tipo medio    | KW   | Tipo rápido    | KW   |
|--------------|----------------------------|--------------|---------------|------|----------------|------|
| 0,2 - 0,5    | ---                        | ---          | AG10 63B 4P   | 0,12 | AG10 63B 2P    | 0,18 |
| 0,5 - 1,5    | AG20 71A 6P<br>AG20 71A 8P | 0,18<br>0,12 | AG20 71A 4P   | 0,25 | AG20 63A 2P    | 0,25 |
| 1,5 - 2,5    | AG30 71A 6P                | 0,25         | AG30 71A 4P   | 0,37 | AG30 71A 2P    | 0,55 |
| 2,5 - 4      | AG30 80A 8P                | 0,25         | AG30 80A 4P   | 0,75 | AG30 80A 2P    | 1,1  |
| 4 - 6        | AG40 90S 6P                | 0,75         | AG40 90S 4P   | 1,1  | AG40 90S 2P    | 1,5  |
| 6 - 8        | AG50 90L 6P                | 1,1          | AG50 90L 4P   | 1,5  | AG50 90L 2P    | 2,2  |
| 8 - 10       | AG50 100L 6P               | 1,5          | AG50 100L 4P  | 2,2  | AG50 100L 2P   | 3    |
| 10 - 12      | AG70132S 6P                | 3            | AG70 112M 4P  | 4    | AG70 112M 2P   | 4    |
| 12 - 15      | AG80 132M 6P               | 4            | AG80 132S 4P  | 5,5  | AG80 132SR 2P  | 5,5  |
| 15 - 20      | AG100 132M 6P              | 5,5          | AG100 132M 4P | 7,5  | AG100 160MR 2P | 11   |

Tabla A.7.2.1. Agitador según volumen a agitar.

Fuente: [www.savinobarbera.com](http://www.savinobarbera.com)

Fijando como adecuada una agitación media vemos en la tabla que el agitador necesario será AG100 132M 4P que tiene una potencia de 7,5 KW.

## **A.8. LAVADO DE MEMBRANAS.**

Cuando las membranas de una planta de ósmosis inversa se ensucian y sobre todo si dicho ensuciamiento tiene lugar en un corto periodo de tiempo, las posibilidades de recuperación dependen fundamentalmente de la rapidez con la que se actúe una vez detectado el problema, si se demora la limpieza el daño puede ser irreversible.

Las membranas serán sometidas a limpieza periódicamente y excepcionalmente según sea necesario para eliminar los precipitados salinos, materia orgánica, bacterias o elementos coloidales que se depositen sobre ellas durante el funcionamiento y reduzcan su eficiencia. La frecuencia de las limpiezas proyectadas dependerá de la calidad del agua de alimentación a la osmosis inversa y de la operación general de la planta. Los diferentes procedimientos de limpieza química se llevarán a cabo conforme con las guías expresas del fabricante de membranas.

En la estación desaladora del presente proyecto se dispondrá de un sistema que usará dos tipos de lavado, el lavado químico y lavado físico por chorro delantero. Primero se realizará el lavado químico que consistirá en bombear la solución limpiadora a baja velocidad a través de las membranas empapando bien las mismas. El rechazo del bastidor puede ser recogido en el depósito de lavado para su recirculación durante el tiempo que dure este lavado y a su fin enviado a vertido. El siguiente paso consistirá en un lavado físico con chorro delantero para eliminar incrustaciones superficiales y enjuagar las membranas.

En el lavado químico el tipo de solución limpiadora requerida depende de la causa del ensuciamiento, los motivos usuales son incrustaciones orgánicas e inorgánicas y a desarrollos biológicos. Por las particularidades de la toma de agua y por pretratamientos establecidos no se prevé que sea necesario un biocida. Hasta ahora se usaban limpiadores ácidos para eliminación de precipitados inorgánicos y alcalinos para ensuciamiento por

materia orgánica, en esta estación de desalación se usará un único producto para ambos ensuciamientos.

Se utilizará Genesol 37 que es comercializado por Genesys Membrane Products S.L. y que ha sido desarrollado como un limpiador de incrustaciones tanto orgánicas como inorgánicas y depósitos de Hierro. Como ventajas presenta un amplio rango de aplicaciones, ser un producto de fácil manejo y aplicación y ser compatible con la mayoría de modelos de membranas. Genesol 37 es altamente efectivo cuando se utiliza en diluciones al 1-2%. Es conveniente alternar periodos de recirculación con periodos de remojo durante un total de una o dos horas.

Si una vez esté funcionando la estación desaladora fuera necesario el uso de otro producto, sustituyendo o en combinación con el proyectado al disponer de la instalación de lavado, bastaría con preparar la disolución pertinente.

En cada línea, el bastidor de la segunda etapa al tratar el rechazo de la primera presentará mayores problemas de ensuciamiento, por tanto aunque se aconseja una limpieza individual, el lavado de bastidores se efectuará de forma que dicho bastidor se limpie en los dos ciclos de purificación de los bastidores que le preceden.

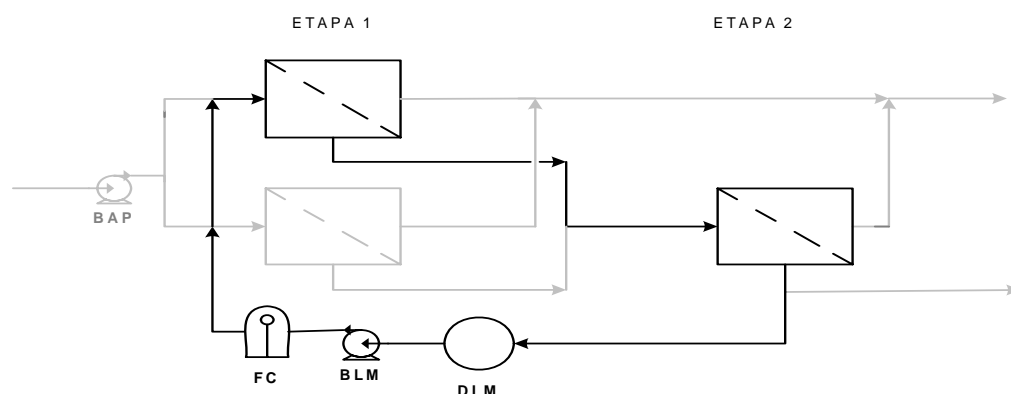


Figura A.8.1. Primer ciclo de lavado por línea.

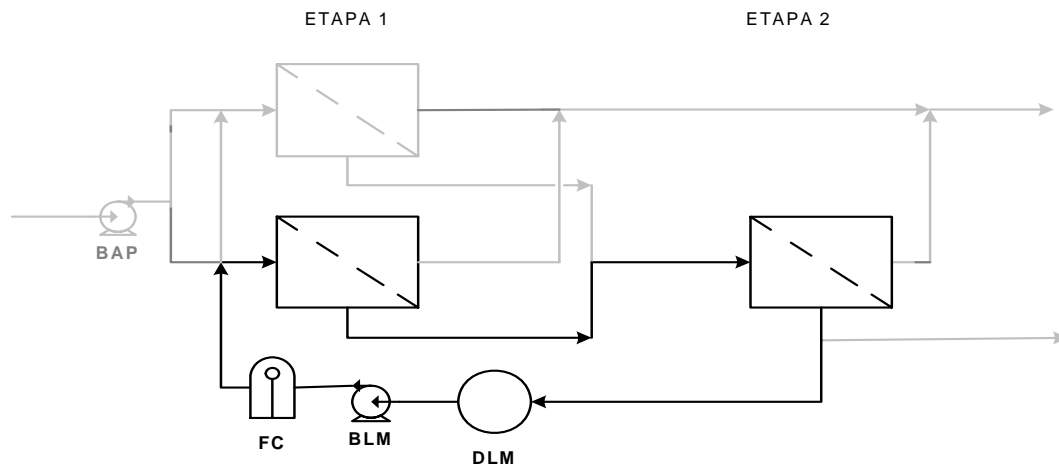


Figura A.8.2. Segundo ciclo de lavado por línea.

Definido el proceso de limpieza es necesario realizar el cálculo del caudal de producto de limpieza. Los distintos fabricantes de membranas aconsejan un caudal dentro del intervalo entre 5 y 9 m<sup>3</sup>/h por cada tubo de presión. El cálculo se realizará para un único bastidor en paralelo, tomando como medida 5 m<sup>3</sup>/h por cada tubo de presión:

$$Q_d = 5 \frac{m^3}{h} \times 31 TP = 155 \frac{m^3}{h}$$

Las presiones de lavado usadas habitualmente son entre 3 y 4 Kg/cm<sup>2</sup> (2,94 y 3,92 bar) y las velocidades van de 1,5 a 2,5 m/s.

La capacidad del depósito debe ser suficiente para contener el volumen necesario para el empapamiento de las membranas. Debe por tanto tener un volumen como mínimo igual al necesario para llenar todos los tubos de presión de los bastidores del sistema de lavado, en nuestro caso dos, con sus respectivas membranas, más el volumen del sistema hidráulico de lavado, compuesto por las tuberías que conducen la solución desde el depósito hasta las membranas y las tuberías que lo retornan al mismo desde la salida de éstas.

Las membranas van encerradas en tubos de presión Codeline OCTA\_80R120S cuyas dimensiones se pueden ver en el apartado B.7 del Anexo B: Datos Técnicos. Tiene una longitud de 6,68 metros y un diámetro interior de 0,202 metros.

$$V_{TP} = 6,68 \text{ m} \times \pi \times \frac{(0,202 \text{ m})^2}{4} = 0,214 \text{ m}^3 = 214 \text{ L}$$

El número de tubos a presión será el de los dos bastidores que se están lavando, es decir 104. El volumen hospedado en los tubos de presión resultará:

$$V_{\Sigma TP} = 214 \text{ L} \times 62 = 13.268 \text{ L}$$

El volumen del sistema hidráulico de limpieza se hará a partir del diámetro y longitud de las tuberías que lo componen. El sistema de lavado de membranas lo compondrán los conductos:

| VOLUMEN DEL SISTEMA DE LAVADO |                       |                      |                     |       |                     |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------|---------------------|
| TRAMO                         | D <sub>int</sub> (mm) | D <sub>int</sub> (m) | A (m <sup>2</sup> ) | L (m) | V (m <sup>3</sup> ) |
| LM/E-29/BP                    | 150                   | 0,15                 | 0,01767144          | 42,82 | 0,7567              |
| AM/L-10/AP                    | 202,72                | 0,20272              | 0,03227622          | 2,5   | 0,0807              |
| AM/L-11/AP                    | 128,33                | 0,12833              | 0,01293439          | 8,00  | 0,1035              |
| R/L-18/AP                     | 102,26                | 0,10226              | 0,00821299          | 8,00  | 0,0657              |
| R/L-19/AP                     | 154,06                | 0,15406              | 0,018641            | 7,50  | 0,1398              |
| R/L-20/AP                     | 202,72                | 0,20272              | 0,03227622          | 4,00  | 0,1291              |
| R/L-21/AP                     | 154,06                | 0,15406              | 0,018641            | 8,00  | 0,1491              |
| R/L-22/AP                     | 128,33                | 0,12833              | 0,01293439          | 8,00  | 0,1035              |
| R/L-23/AP                     | 202,72                | 0,20272              | 0,03227622          | 13,50 | 0,4357              |
| LM/E-30/BP                    | 150                   | 0,15                 | 0,01767144          | 20,00 | 0,3534              |
| <b>VOLUMEN TOTAL=</b>         |                       |                      |                     |       | <b>2,3172</b>       |

Tabla A.11.1. Tramos del sistema de lavado de membranas.

Con el sumatorio de cada tramo obtenemos el volumen total del sistema de conducciones del lavado de membranas. Tendrá un valor de 2,3172 m<sup>3</sup> (2.317,2 L).

De esta forma el volumen total del sistema de lavado de membranas, y en base a lo expuesto anteriormente, el tanque de dicho sistema será:

$$V_{LM} = 13.268 L + 2.317,2 L = 15.585,2 L = 15,5852 m^3$$

Se seleccionará un tanque modelo D, de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas (AIQSA) de PRFV:

| Capacidad (L) | D (m) | H (m) |
|---------------|-------|-------|
| 16.000        | 2,000 | 5,363 |
|               | 2,250 | 4,422 |
|               | 2,500 | 3,783 |

Tabla A.11.2. Depósito de lavado de membranas.

Como el área de sus bases apenas varía escogeremos el de sección mayor con el propósito de darle mucha altura. Por tanto el tanque tendrá una capacidad de 16 metros cúbicos encerrada en 2,5 metros de diámetro y 3,783 metros de altura.

Por último calcularemos la dosis de limpiador a utilizar. Como se expone anteriormente, en la ficha de seguridad el fabricante asegura una alta efectividad para dosis del 1% al 2%, tomando un valor de 1,5% para preparar el volumen de disolución del tanque:

$$V_{Inhibidor} = 16 m^3 \times \frac{1,5}{100} = 0,24 m^3$$

Será necesario 0,24 m<sup>3</sup> de Genesol 37 por cada bastidor de la primera etapa, es decir, para la limpieza de todos los bastidores necesitaremos 0,96 metros cúbicos de Genesol 37.

El sistema de lavado introduce un flujo de disolución a las membranas, recordando apartados anteriores por exigencia del fabricante de membranas no pueden llegar sólidos en suspensión mayores de cinco micras a las mismas.

Como elemento de seguridad en la línea de impulsión de las bombas de lavado, se instalará un filtro de cartuchos similar al incluido en la alimentación a la osmosis inversa, pero adecuado al caudal a tratar.

La bomba del sistema de lavado proporcionará un caudal de 155 m<sup>3</sup>/h (682,44 gpm), en el Anexo B: Datos Técnicos se adjunta el catálogo de la Harsmco Water filtration products de cual obtendremos el modelo de portafiltros. Este modelo por requerimientos del caudal será el mismo que los colocados en las líneas de producción, el HIF 200FL que presenta un flujo máximo de 800 gpm y el cual estará montado con cartuchos de la serie 801. En concreto los mismo que en el resto de portafiltros, los cartuchos seleccionados serán 800-5.

### **A.9. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.**

Para seleccionar las bombas será necesario saber el caudal y la capacidad que debe aportar. El caudal de la mayor parte de las bombas lo conocemos ya que o es exigencia del proyecto ha sido calculado, sin embargo la capacidad o altura útil en algunas bombas no se conocerá y será necesario hallarla. Se obtendrá resolviendo la ecuación de Bernouilli.

$$W = \left( H + \frac{P_B - P_A}{\rho \times g} + z_B - z_A + \frac{v_B^2 - v_A^2}{2 \times g} \right)$$

Donde:

W : trabajo necesario.

g = 9,806 m/ s<sup>2</sup>.

P<sub>A</sub> y P<sub>B</sub>: Presión del agua en A y B en Kg/m<sup>2</sup>.

z<sub>A</sub> y z<sub>B</sub> : Altura geométrica, diferencia de cotas entre los puntos A y B en metros.

$v_A$  y  $v_B$  : velocidades medias del líquido en las secciones de las conducciones en los puntos A y B en m/s.

h: Pérdida de carga en la conducción.

### **A.9.1. Pérdidas de carga.**

La pérdida de carga la hallaremos con la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$h = f \times \left( \frac{L}{D} \right) \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

Donde:

h : Pérdida de carga en metros.

f : factor de fricción de Fanning.

L : longitud de tubería en metros.

D : diámetro de tubería en metros.

v : velocidad del fluido en m/s.

g : aceleración de la gravedad igual a 9,806 m/s<sup>2</sup>.

Esta ecuación es válida para fluidos viscosos e incompresibles en régimen estacionario y completamente desarrollado, laminar o turbulento. En la ecuación aparece el factor Fanning que es fusión de la rugosidad relativa y del número de Reynolds. La rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ), es la rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ) partida del diámetro de la tubería y depende únicamente del material en el que esta fabricada la conducción.

Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa se puede calcular el factor de fricción para cada tramo de sistema de conducciones, el cual se puede hallar mediante ecuaciones de ajuste no lineal o por medio de la gráfica de Moody.



En primer lugar calcularemos la densidad y la viscosidad del agua en función de la temperatura:

$$\rho = 1.028,6 - 0,2 \times T(^{\circ}C) = 1.024,4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 0,00166 - 0,00003 \times T(^{\circ}C) = 0,00106 \text{ Kg/m}\cdot\text{s}$$

Por la sencillez que suponen para las hojas de cálculo usaremos las ecuaciones:

$$Re = \frac{\rho \times D_i \times v}{\mu}$$

$$f = 0.0055 \times \left( 1 + \left( 20000 \times \frac{\varepsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right)$$

Es válida para tuberías rugosas por las que circula un fluido con régimen turbulento, es decir para valores de Reynolds superiores a 2000. Con este valor y los conocidos de longitud y diámetro del tramo, mas la velocidad y la aceleración de la gravedad obtendremos las pérdidas de carga lineales. Para los distintos tramos el resultado será:

| TRAMO            | D <sub>int</sub> (mm) | v (m/s) | Re        | ε/D        | f       |
|------------------|-----------------------|---------|-----------|------------|---------|
| AM/E-01/BP (asp) | 200                   | 2,303   | 4,451E+05 | 7,0000E-05 | 0,01285 |
| AM/E-01/BP(imp)  | 200                   | 2,303   | 4,451E+05 | 7,0000E-05 | 0,01285 |
| AM/L-02/BP(asp)  | 250                   | 2,947   | 7,120E+05 | 5,6000E-05 | 0,01182 |
| AM/L-02/BP(imp)  | 250                   | 2,947   | 7,120E+05 | 5,6000E-05 | 0,01182 |
| AM/L-03/BP       | 250                   | 2,947   | 7,120E+05 | 5,6000E-05 | 0,01182 |
| AM/L-04/BP       | 200                   | 2,303   | 4,451E+05 | 7,0000E-05 | 0,01285 |
| AM/L-05/BP       | 125                   | 2,947   | 3,560E+05 | 1,1200E-04 | 0,01346 |
| AM/L-06/BP       | 125                   | 2,947   | 3,560E+05 | 1,1200E-04 | 0,01346 |
| AM/L-07/BP       | 200                   | 2,303   | 4,451E+05 | 7,0000E-05 | 0,01285 |
| AM/L-08/BP       | 250                   | 2,947   | 7,120E+05 | 5,6000E-05 | 0,01182 |
| AM/L-09/AP       | 202,72                | 4,482   | 8,782E+05 | 6,9061E-05 | 0,01147 |
| AM/L-10/AP       | 202,72                | 2,241   | 4,391E+05 | 2,4665E-04 | 0,01322 |
| AM/L-11/AP       | 128,33                | 2,796   | 3,468E+05 | 3,8962E-04 | 0,01398 |

Tabla A.9.1.1. Cálculo de factor de fricción tramos AM.

| TRAMO            | D <sub>int</sub> (mm) | v (m/s) | Re        | ε/D        | f       |
|------------------|-----------------------|---------|-----------|------------|---------|
| P/L-12/BP        | 80                    | 2,978   | 2,302E+05 | 1,7500E-04 | 0,01471 |
| P/L-13/BP        | 100                   | 3,692   | 3,568E+05 | 1,4000E-04 | 0,01350 |
| P/L-14/BP        | 150                   | 3,282   | 4,758E+05 | 9,3333E-05 | 0,01275 |
| P/L-15/BP        | 125                   | 3,354   | 4,052E+05 | 1,1200E-04 | 0,01315 |
| P/L-16/BP        | 100                   | 3,692   | 3,568E+05 | 1,4000E-04 | 0,01350 |
| P/17/BP (asp)    | 250                   | 3,545   | 8,565E+05 | 5,6000E-05 | 0,01147 |
| P/17/BP(imp)     | 250                   | 3,545   | 8,565E+05 | 5,6000E-05 | 0,01147 |
| R/L-18/AP        | 102,26                | 2,72    | 2,691E+05 | 4,8895E-04 | 0,01471 |
| R/L-19/AP        | 154,06                | 2,32    | 3,461E+05 | 3,2455E-04 | 0,01388 |
| R/L-20/AP        | 202,72                | 2,69    | 5,261E+05 | 2,4665E-04 | 0,01286 |
| R/L-21/AP        | 154,06                | 2,32    | 3,461E+05 | 3,2455E-04 | 0,01388 |
| R/L-22/AP        | 128,33                | 2,23    | 2,765E+05 | 3,8962E-04 | 0,01451 |
| R/L-23/AP        | 202,72                | 1,79    | 3,501E+05 | 2,4665E-04 | 0,01373 |
| R/L-24/BP        | 150                   | 3,26    | 4,732E+05 | 9,3333E-05 | 0,01276 |
| R/L-25/BP        | 200                   | 3,67    | 7,097E+05 | 7,0000E-05 | 0,01186 |
| R/L-26/BP        | 150                   | 3,26    | 4,732E+05 | 9,3333E-05 | 0,01276 |
| AP/E-27/BP (asp) | 250                   | 3,55    | 8,565E+05 | 5,6000E-05 | 0,01147 |
| AP/E-27/BP (imp) | 250                   | 3,55    | 8,565E+05 | 5,6000E-05 | 0,01147 |
| AS/E-28/BP (LM)  | 32,60                 | 2,773   | 8,736E+04 | 2,1472E-04 | 0,01805 |
| AS/E-28/BP (HC)  | 32,60                 | 2,773   | 8,736E+04 | 2,1472E-04 | 0,01805 |
| AS/E-28/BP (lh)  | 32,60                 | 2,773   | 8,736E+04 | 2,1472E-04 | 0,01805 |
| DAS/E-01/BP      | 15,40                 | 0,017   | 2,530E+02 | 4,5455E-04 | 0,09247 |
| DBS/E-03/BP      | 16,00                 | 0,019   | 2,938E+02 | 4,3750E-04 | 0,08824 |
| DCF/E-02/BP      | 16,00                 | 0,008   | 1,237E+02 | 4,3750E-04 | 0,11589 |
| DHC/E-27/BP      | 16,00                 | 0,108   | 1,670E+03 | 4,3750E-04 | 0,05188 |
| DHS/E-01/BP      | 16,00                 | 0,027   | 4,175E+02 | 4,3750E-04 | 0,07910 |
| DHS/E-27/BP      | 16,00                 | 0,004   | 6,185E+01 | 4,3750E-04 | 0,14458 |
| DIH/E-03/BP      | 16,00                 | 0,003   | 4,639E+01 | 4,3750E-04 | 0,15857 |
| LM/E-29/BP (asp) | 150,00                | 2,142   | 3,105E+05 | 9,3333E-05 | 0,01378 |
| LM/E-29/BP (imp) | 150,00                | 2,142   | 3,105E+05 | 9,3333E-05 | 0,01378 |
| LM/E-30/BP       | 150,00                | 2,142   | 3,105E+05 | 9,3333E-05 | 0,01378 |

Tabla A.9.1.2. Cálculo de factor de fricción.

Es válida para tuberías rugosas por las que circula un fluido con régimen turbulento, es decir para valores de Reynolds superiores a 2000. Con este valor

y los conocidos de longitud y diámetro del tramo, mas la velocidad y la aceleración de la gravedad obtendremos las pérdidas de carga lineales.

$$h_L = f \times \left( \frac{L}{D} \right) \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

| TRAMO            | D <sub>int</sub> (mm) | L(m)   | f       | v <sup>2</sup> /(2·g) | h <sub>L</sub> (m) |
|------------------|-----------------------|--------|---------|-----------------------|--------------------|
| AM/E-01/BP (asp) | 200                   | 221,00 | 0,01285 | 0,2704                | 3,84               |
| AM/E-01/BP(imp)  | 200                   | 9,00   | 0,01285 | 0,2704                | 0,1564             |
| AM/L-02/BP(asp)  | 250                   | 5,50   | 0,01182 | 0,4428                | 0,1151             |
| AM/L-02/BP(imp)  | 250                   | 8,00   | 0,01182 | 0,4428                | 0,1675             |
| AM/L-03/BP       | 250                   | 6,80   | 0,01182 | 0,4428                | 0,1424             |
| AM/L-04/BP       | 200                   | 6,00   | 0,01285 | 0,2704                | 0,1043             |
| AM/L-05/BP       | 125                   | 1,00   | 0,01346 | 0,4428                | 0,0477             |
| AM/L-06/BP       | 125                   | 1,00   | 0,01346 | 0,4428                | 0,0477             |
| AM/L-07/BP       | 200                   | 6,00   | 0,01285 | 0,2704                | 0,1043             |
| AM/L-08/BP       | 250                   | 2,00   | 0,01182 | 0,4428                | 0,0419             |
| AM/L-09/AP       | 202,72                | 4,00   | 0,01147 | 1,0245                | 0,2318             |
| AM/L-10/AP       | 202,72                | 5,50   | 0,01322 | 0,2561                | 0,0919             |
| AM/L-11/AP       | 128,33                | 4,00   | 0,01398 | 0,3987                | 0,1737             |
| P/L-12/BP        | 80                    | 4,00   | 0,01471 | 0,4522                | 0,3326             |
| P/L-13/BP        | 100                   | 1,50   | 0,01350 | 0,6950                | 0,1408             |
| P/L-14/BP        | 150                   | 11,00  | 0,01275 | 0,5492                | 0,5134             |
| P/L-15/BP        | 125                   | 13,00  | 0,01315 | 0,5736                | 0,7845             |
| P/L-16/BP        | 100                   | 7,00   | 0,01350 | 0,6950                | 0,657              |
| P/17/BP (asp)    | 250                   | 3,00   | 0,01147 | 0,6408                | 0,0882             |
| P/17/BP(imp)     | 250                   | 33,77  | 0,01147 | 0,6408                | 0,9929             |
| R/L-18/AP        | 102,26                | 4,00   | 0,01471 | 0,3782                | 0,2176             |
| R/L-19/AP        | 154,06                | 7,50   | 0,01388 | 0,2756                | 0,1862             |
| R/L-20/AP        | 202,72                | 4,00   | 0,01286 | 0,3677                | 0,0933             |
| R/L-21/AP        | 154,06                | 4,00   | 0,01388 | 0,2756                | 0,0993             |
| R/L-22/AP        | 128,33                | 4,00   | 0,01451 | 0,2534                | 0,1146             |
| R/L-23/AP        | 202,72                | 34,50  | 0,01373 | 0,1628                | 0,3804             |
| R/L-24/BP        | 150                   | 3,00   | 0,01276 | 0,5432                | 0,1386             |
| R/L-25/BP        | 200                   | 600,00 | 0,01186 | 0,6875                | 24,4695            |
| R/L-26/BP        | 150                   | 20,00  | 0,01276 | 0,5432                | 0,9242             |

Tabla A.9.1.2. Cálculo de pérdidas de carga lineal tuberías de la línea de producción mas las de captación.

| TRAMO            | D <sub>int</sub> (mm) | L(m)     | f       | v <sup>2</sup> /(2·g) | h <sub>L</sub> (m) |
|------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|--------------------|
| AP/E-27/BP (asp) | 250                   | 2,00     | 0,01147 | 0,6408                | 0,0588             |
| AP/E-27/BP (imp) | 250                   | 1.500,00 | 0,01147 | 0,6408                | 44,1026            |
| AS/E-28/BP (LM)  | 32,60                 | 19,21    | 0,01805 | 0,3921                | 4,1697             |
| AS/E-28/BP (HC)  | 32,60                 | 24,74    | 0,01805 | 0,3921                | 5,3703             |
| AS/E-28/BP (lh)  | 32,60                 | 46,97    | 0,01805 | 0,3921                | 10,1957            |
| DAS/E-01/BP      | 15,40                 | 28,00    | 0,09247 | 1,4736E-05            | 0,0025             |
| DBS/E-03/BP      | 16,00                 | 20,00    | 0,08824 | 1,8407E-05            | 0,002              |
| DCF/E-02/BP      | 16,00                 | 20,00    | 0,11589 | 3,2633E-06            | 0,0005             |
| DHC/E-27/BP      | 16,00                 | 8,015    | 0,05188 | 5,9474E-04            | 0,0155             |
| DHS/E-01/BP      | 16,00                 | 28,00    | 0,07910 | 3,7171E-05            | 0,0051             |
| DHS/E-27/BP      | 16,00                 | 2,00     | 0,14458 | 8,1583E-07            | 1,4744E-05         |
| DIH/E-03/BP      | 16,00                 | 20,00    | 0,15857 | 4,5890E-07            | 0,0001             |
| LM/E-29/BP (asp) | 150,00                | 2,00     | 0,01378 | 0,2339                | 0,043              |
| LM/E-29/BP (imp) | 150,00                | 40,82    | 0,01378 | 0,2339                | 0,8771             |
| LM/E-30/BP       | 150,00                | 20,000   | 0,01378 | 0,2339                | 0,4297             |

Tabla A.9.1.3. Cálculo de pérdidas de carga lineal para tuberías externas de la producción (a excepción de la captación) .

Sin embargo el valor de pérdida de carga general tiene otra componente debida a los accesorios de la tubería, se conoce como pérdida de carga singular. Las pérdidas singulares debidas a los accesorios se hallarán por el método de las cargas de velocidad, que consiste en asignar a cada accesorio un valor “k” tal que al multiplicarlo por la carga de velocidad que lo atraviesa sea igual a la pérdida de carga que produce.

$$h_s = f * \frac{K}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Este valor K se obtiene de las tablas que se pueden encontrar en el apartado B.9 del Anexo B: Datos Técnicos.

A partir de las tablas se obtiene:

| TRAMO            | ACCESORIOS |          |                   |                    |                    |                     |                       | $\Sigma K$ |
|------------------|------------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|------------|
|                  | Codo 90°   | Codo 45° | V <sub>comp</sub> | V <sub>reten</sub> | V <sub>globo</sub> | Te <sub>línea</sub> | Te <sub>angular</sub> |            |
| AM/E-01/BP (asp) | 0,500      | 0,320    | 0,075             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,895      |
| AM/E-01/BP(imp)  | 0,750      | ---      | 0,075             | 2,000              | ---                | ---                 | ---                   | 2,825      |
| AM/L-02/BP(asp)  | 0,750      | ---      | 0,067             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,817      |
| AM/L-02/BP(imp)  | 0,250      | ---      | 0,067             | 2,000              | ---                | 0,090               | ---                   | 2,407      |
| AM/L-03/BP       | 0,250      | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,250      |
| AM/L-04/BP       | 0,500      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,220               | 0,560                 | 1,280      |
| AM/L-05/BP       | ---        | ---      | 0,130             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,130      |
| AM/L-06/BP       | ---        | ---      | 0,130             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,130      |
| AM/L-07/BP       | 0,500      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,220               | 0,560                 | 1,280      |
| AM/L-08/BP       | ---        | ---      | 0,150             | ---                | ---                | ---                 | 0,520                 | 0,670      |
| AM/L-09/AP       | ---        | ---      | 0,150             | 2,000              | ---                | ---                 | 0,560                 | 2,150      |
| AM/L-10/AP       | 0,780      | ---      | ---               | ---                | 5,600              | 0,200               | ---                   | 6,580      |
| AM/L-11/AP       | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| P/L-12/BP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| P/L-13/BP        | 0,300      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,140               | ---                   | 0,440      |
| P/L-14/BP        | 0,280      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,250               | 0,600                 | 1,130      |
| P/L-15/BP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| P/L-16/BP        | 0,600      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,140               | ---                   | 0,740      |
| P/17/BP (asp)    | ---        | ---      | 0,600             | ---                | ---                | 0,180               | ---                   | 0,780      |
| P/17/BP(imp)     | 1,000      | ---      | 0,600             | 2,000              | ---                | ---                 | ---                   | 3,600      |
| R/L-18/AP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| R/L-19/AP        | 0,840      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,250               | 0,600                 | 1,690      |
| R/L-20/AP        | 0,520      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,110               | ---                   | 0,630      |
| R/L-21/AP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| R/L-22/AP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |
| R/L-23/AP        | 0,780      | ---      | ---               | ---                | ---                | 0,110               | 0,560                 | 1,450      |
| R/L-24/BP        | 0,280      | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | 0,600                 | 0,880      |
| R/L-25/BP        | 0,520      | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | 0,560                 | 1,080      |
| R/L-26/BP        | ---        | ---      | ---               | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,000      |

Tabla A.9.1.4. Cálculo de "k" para los accesorios en las tuberías de producción más captación.

| TRAMO            | ACCESORIOS |          |                   |                    |                    |                     |                       | ΣK    |
|------------------|------------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------|
|                  | Codo 90°   | Codo 45° | V <sub>comp</sub> | V <sub>reten</sub> | V <sub>globo</sub> | Te <sub>línea</sub> | Te <sub>angular</sub> |       |
| AP/E-27/BP (asp) | ---        | ---      | 0,600             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,600 |
| AP/E-27/BP (imp) | ---        | ---      | 0,600             | 2,000              | ---                | ---                 | ---                   | 2,600 |
| AS/E-28/BP (LM)  | 1,200      | ---      | 0,220             | ---                | ---                | ---                 | 1,600                 | 3,020 |
| AS/E-28/BP (HC)  | 2,000      | ---      | 0,220             | ---                | ---                | ---                 | 1,600                 | 3,820 |
| AS/E-28/BP (lh)  | 1,200      | ---      | 0,440             | ---                | ---                | 0,9                 | 3,200                 | 5,740 |
| DAS/E-01/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DBS/E-03/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DCF/E-02/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DHC/E-27/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DHS/E-01/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DHS/E-27/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| DIH/E-03/BP      | 2,000      | ---      | 0,620             | ---                | ---                | 1,800               | ---                   | 4,420 |
| LM/E-29/BP (asp) | ---        | ---      | 0,120             | ---                | ---                | ---                 | ---                   | 0,120 |
| LM/E-29/BP (imp) | 0,560      | ---      | 0,120             | 2,000              | 6,000              | 0,360               | ---                   | 9,040 |
| LM/E-30/BP       | 1,400      | ---      | ---               | ---                | 6,000              | 0,120               | ---                   | 7,520 |

Tabla A.9.1.5. Cálculo de "k" para los accesorios en tuberías externas menos captación.

Los cálculos para el sistema de tuberías proporcionan los resultados de caída de presión singular de la tabla que sigue:

| TRAMO            | $v^2/(2 \cdot g)$ | ΣK    | h <sub>s</sub> (m) |
|------------------|-------------------|-------|--------------------|
| AM/E-01/BP (asp) | 0,27044           | 0,895 | 0,242              |
| AM/E-01/BP(imp)  | 0,27044           | 2,825 | 0,764              |
| AM/L-02/BP(asp)  | 0,44283           | 0,817 | 0,362              |
| AM/L-02/BP(imp)  | 0,44283           | 2,407 | 1,066              |
| AM/L-03/BP       | 0,44283           | 0,250 | 0,111              |
| AM/L-04/BP       | 0,27044           | 1,280 | 0,346              |
| AM/L-05/BP       | 0,44283           | 0,130 | 0,058              |
| AM/L-06/BP       | 0,44283           | 0,130 | 0,058              |
| AM/L-07/BP       | 0,27044           | 1,280 | 0,346              |
| AM/L-08/BP       | 0,44283           | 0,670 | 0,297              |
| AM/L-09/AP       | 1,02447761        | 2,15  | 2,203              |
| AM/L-10/AP       | 0,25612           | 6,580 | 1,685              |
| AM/L-11/AP       | 0,39871           | 0,000 | ---                |

Tabla A.9.1.6. Cálculo de pérdida de carga singular para tramos AM.

| TRAMO            | $v^2/(2 \cdot g)$ | $\Sigma K$ | $h_s(m)$  |
|------------------|-------------------|------------|-----------|
| P/L-12/BP        | 0,45220           | 0,000      | ---       |
| P/L-13/BP        | 0,69503           | 0,440      | 0,306     |
| P/L-14/BP        | 0,54923           | 1,130      | ---       |
| P/L-15/BP        | 0,57359           | 0,000      | 0,000     |
| P/L-16/BP        | 0,69503           | 0,740      | 0,514     |
| P/17/BP (asp)    | 0,64078           | 0,780      | 0,500     |
| P/17/BP(imp)     | 0,64078           | 3,600      | 2,307     |
| R/L-18/AP        | 0,37819           | 0,000      | ---       |
| R/L-19/AP        | 0,27559           | 1,690      | 0,466     |
| R/L-20/AP        | 0,36770           | 0,630      | 0,232     |
| R/L-21/AP        | 0,27559           | 0,000      | ---       |
| R/L-22/AP        | 0,25344           | 0,000      | ---       |
| R/L-23/AP        | 0,16280           | 1,450      | 0,236     |
| R/L-24/BP        | 0,54322           | 0,880      | 0,478     |
| R/L-25/BP        | 0,68752           | 1,080      | 0,743     |
| R/L-26/BP        | 0,54322           | 0,000      | 0,000     |
| AP/E-27/BP (asp) | 0,37048           | 0,600      | 0,222     |
| AP/E-27/BP (imp) | 0,37048           | 2,600      | 0,963     |
| AS/E-28/BP (LM)  | 0,39208           | 3,020      | 1,184     |
| AS/E-28/BP (HC)  | 0,39208           | 3,820      | 1,498     |
| AS/E-28/BP (Ih)  | 0,39208           | 5,740      | 2,251     |
| DAS/E-01/BP      | 1,47359E-05       | 4,420      | 6,513E-05 |
| DBS/E-03/BP      | 1,84071E-05       | 4,420      | 8,136E-05 |
| DCF/E-02/BP      | 3,26331E-06       | 4,420      | 1,442E-05 |
| DHC/E-27/BP      | 5,94738E-04       | 4,420      | 2,629E-03 |
| DHS/E-01/BP      | 3,71711E-05       | 4,420      | 1,643E-04 |
| DHS/E-27/BP      | 8,15827E-07       | 4,420      | 3,606E-06 |
| DIH/E-03/BP      | 4,58903E-07       | 4,420      | 2,028E-06 |
| LM/E-29/BP (asp) | 0,23395           | 0,120      | 2,807E-02 |
| LM/E-29/BP (imp) | 0,23395           | 9,040      | 2,115     |
| LM/E-30/BP       | 0,23395           | 7,520      | 1,759     |

Tabla A.9.1.7. Cálculo de pérdida de carga singular.

La caída de presión total en los tramos de tubería será el sumatorio de las pérdidas de carga debidas a longitud lineales ( $h_L$ ), accesorios ( $h_s$ ), cambios de sección ( $h_\phi$ ), embocaduras ( $h_E$ ), desembocaduras ( $h_D$ ) y las originadas por los equipos ( $h_Q$ ).

## **A.9.2. Altura útil y selección de bombas.**

### **A.9.2.1. Bomba de captación.**

El presente proyecto prevé una captación mediante 4 pozos, a partir de cada uno se proyecta una tubería que los une con el depósito intermedio. El objetivo de la bomba de captación por tanto será llevar el agua bruta desde su captación hasta el tanque intermedio o de alimentación a través del tramo AM/E-01/BP. Necesitamos para su elección el caudal y la altura útil que deberá desarrollar.

El caudal aportado debe ser 1.041,67 m<sup>3</sup>/h (25.000 m<sup>3</sup>/día), por tanto tendrá que aspirar 260,42 m<sup>3</sup>/h cada bomba. La capacidad a partir de la ecuación de Bernouilli, donde el punto A se encuentra en la boca de la tubería sumergida 29,0 metros y el punto B en la salida de la conducción al depósito de alimentación.

La presión en ambos puntos será igual a la atmosférica. La velocidad en el punto A es la de la superficie y por tanto se considera igual a cero, y en el punto B será la que lleva el fluido en la conducción. La altura geométrica que mide la pérdida de carga debido a la diferencia de cotas entre la captación en los pozos y el vaciado a depósito, y tomando como cota cero la boca del pozo:

- ❖  $Z_A$ : Descenso de nivel en pozo (estimado) con valor de -30,0 metros.
- ❖  $Z_B$ : Cota de descarga en depósito intermedio que será igual a 20,0 metros.

De esta forma  $Z_B - Z_A$  tendrá un valor de 23,0 metros.



La tabla siguiente refleja las pérdidas de carga existentes en el tramo AM/E-01/BP, la caída de presión total será esas pérdidas de carga mas las originadas por los dos mezcladores:

| TRAMO            | $h_s(m)$ | $h_D(m)$ | $h_L(m)$ | H(m)  | $H_T(m)$ |
|------------------|----------|----------|----------|-------|----------|
| AM/E-01/BP (asp) | 0,242    | ---      | 3,84     | 4,082 | 5,273    |
| AM/E-01/BP(imp)  | 0,764    | 0,27044  | 0,1564   | 1,191 |          |

Tabla A.9.2.1.1. Pérdida de carga debida a la conducción.

$$H_T = H + 2 \times h_{mezcladores}$$

$$H_T = 5,273 \text{ m} + 2,44 \text{ m} = 7,713 \text{ m}$$

La presión en A:

$$P = \gamma \times h + P_{atm}$$

$$P_A = 1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 29 \text{ m} + 10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 40.039,9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 40,0399 \text{ m}$$

Sustituyendo en Bernoulli:

$$W = \left( 7,713 \text{ m} + \frac{10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} - 40.039,9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}}{1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} + 49 \text{ m} + 0,2704 \right) = 27,98 \text{ m}$$

#### ❖ Selección de la bomba de captación.

La bomba de captación debe impulsar un caudal de 6.250 m<sup>3</sup>/día (260,42 m<sup>3</sup>/h) y tener una capacidad mínima de 27,98 m (2,7439 bar).

La selección de la bomba se realiza entre las disponibles en la empresa Bombas Itur S.A, con la característica fundamental de poder trabajar con

líquidos con sólidos en suspensión. El modelo seleccionado es el denominado RW.

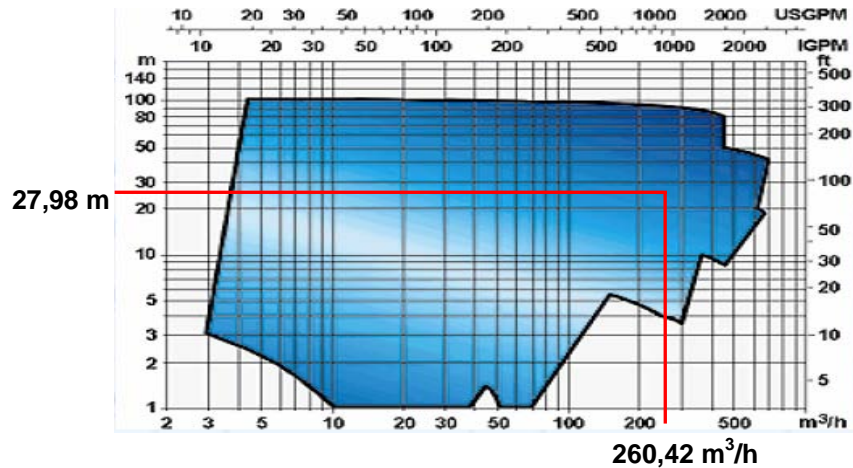


Figura A.9.2.1.1. Rango de funcionamiento de la serie RW.

Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)

Este modelo es una bomba centrífuga de proceso. Permite impulsor vortex, semiabierto o de dos o tres canales. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura con diversos planes API. Rodamientos lubricados por aceite. Para fluidos limpios, o agresivos, o con un importante contenido de sólidos. Diseño de tipo proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor

#### A.9.2.2. Bomba de alta presión.

El diseño del proceso de ósmosis inversa se ha descrito en dos líneas con dos etapas cada línea y dos bastidores en la primera etapa y uno para la segunda. Los bastidores de la primera etapa serán abastecidos por una bomba de alta presión. La misión de esta bomba de alta presión será suministrar el caudal de alimentación a los bastidores en las condiciones de presión exigidas. Lo hará a través de los tramos AM/L-09/AP, AM/L-10/AP y AM/L-11/AP. Necesitamos para su elección el caudal y la altura útil que deberá desarrollar.

El caudal aportado debe ser 12.500,0 m<sup>3</sup>/día (520,84 m<sup>3</sup>/h). La capacidad a partir de la ecuación de Bernouilli, donde el punto A se encuentra en la boca de impulsión de la bomba y el punto B en la entrada de los bastidores.

La diferencia de presión entre el punto B y el punto A deberá ser la estipulada como necesaria para realizar la ósmosis inversa, La velocidad en ambos puntos será igual. La altura geométrica del punto A se considerará como cota cero, lo que nos proporciona una cota para el punto B de 1,5 metros

La tabla siguiente refleja las pérdidas de carga existentes en los tramos AM/E-09/AP, AM/E-10/AP y AM/E-11/AP.

| TRAMO      | $h_s(m)$ | $h_o(m)$ | $h_L(m)$ | H(m)  | $\Sigma H(m)$ |
|------------|----------|----------|----------|-------|---------------|
| AM/L-09/AP | 2,203    | 0,25612  | 0,2318   | 2,691 | 4,657         |
| AM/L-10/AP | 1,685    | 0,01571  | 0,0919   | 1,793 |               |
| AM/L-11/AP | ---      | ---      | 0,1737   | 0,174 |               |

Tabla A.9.2.2.1. Pérdida de carga debida a la conducción.

De los resultados de normalización del sistema de ósmosis inversa salió que la bomba de alta presión debe proporcionar una presión de diseño de 77,4 bar (789,26 m). A esto hay que añadir la pérdida de carga lineal, la singular y la debida al cambio de sección que se produce. Sustituyendo en Bernouilli:

$$W = (4,657 m + 789,26 m - 10,33 m + 1,5 m + 0,143 m) = 785,23 m$$

#### ❖ Selección de bomba de alta presión.

Esta bomba poseerá unas características especiales, principalmente debidas a la alta presión que deberá suministrar. Ante estas condiciones de

operación tan exigentes el rango de bombas que las cumplen es bajo a lo que se une el aumento de fallos debido a las condiciones tan extremas de funcionamiento. Para suavizar las mismas se montarán dos bombas en serie con el objetivo de que trabajen a menor presión. Se elegirán de las comercializadas por Bombas Itur S.A, donde encontramos la familia HP con un rango de operación hasta 30 bar y una versión HPW hasta 60 bar.

Por lo tanto la bomba seleccionada debe operar en unas condiciones de 392,62 m (38,5 bar) y suministrar un caudal de 520,84 m<sup>3</sup>/h (72.34 L/s).

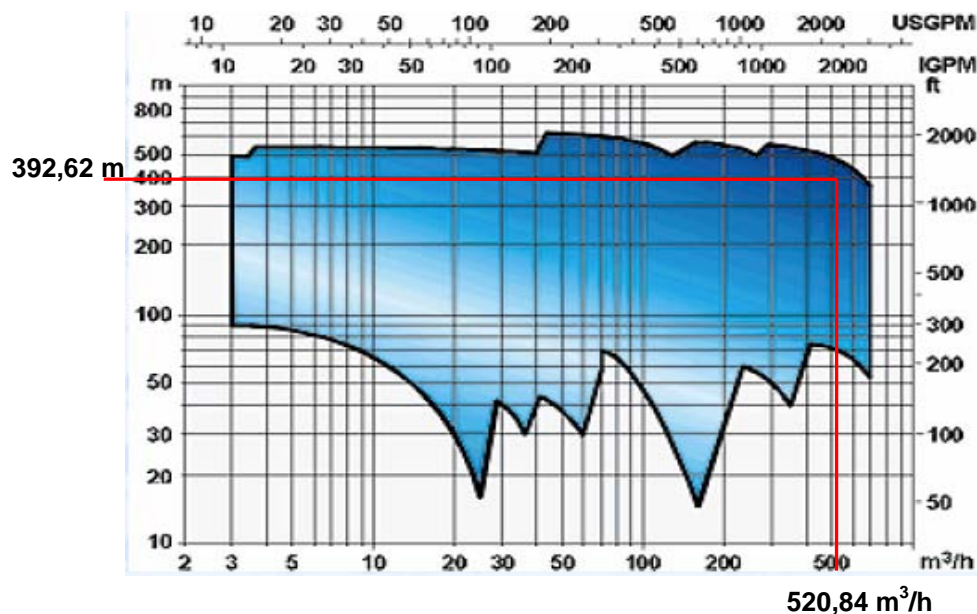


Figura A.9.2.2.1. Modelo de bomba de alta presión HPW.

Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)

### A.9.2.3. Bombas de trasvase.

#### A.9.2.3.1. Bomba de impulsión de agua alimentación.

Su misión es llevar el agua desde el tanque de almacenamiento de agua bruta hasta las bombas de alta presión. Resolveremos Bernouilli para este tramo donde el punto A será en la superficie del depósito intermedio y el punto B será la aspiración de la bomba de alta presión.

En el punto A estará en la boca de la conducción sumergido a 3 metros, la velocidad se considerará cero y la superficie del depósito se tomará como cota de referencia. En el punto B la presión será igual a la atmosférica. La velocidad será la del fluido en el conducto donde esta B y la altura será -1,5 metros, suponiendo el tanque lleno.

El caudal aportado debe ser el perteneciente a una vía, 520,84 m<sup>3</sup>/h ya que se instalará una bomba de trasvase por vía.

Las pérdidas de carga son las referentes a los tramos AM/E-01/BP, AM/I-02/BP, AM/L-03/BP, AM/L-04/BP, AM/L-05/BP, AM/L-06/BP, AM/L-07/BP y AM/L-08/BP, además de las pérdidas en los equipos que están instalados en ellas. Estos equipos son un filtro de malla, cuatro filtros de cartuchos y tres mezcladores estáticos.

| TRAMO           | $h_s(m)$ | $h_\phi (m)$ | $h_E(m)$    | $h_L(m)$ | H(m)  | H(m)  |
|-----------------|----------|--------------|-------------|----------|-------|-------|
| AM/L-02/BP(asp) | 0,362    | ---          | 4,428313787 | 0,1151   | 4,905 | 6,139 |
| AM/L-02/BP(imp) | 1,066    | ---          | ---         | 0,1675   | 1,234 |       |
| AM/L-03/BP      | 0,111    | 0,02115      | ---         | 0,1424   | 0,275 | 0,275 |
| AM/L-04/BP      | 0,346    | 0,02115      | ---         | 0,1043   | 0,471 | 0,471 |
| AM/L-05/BP      | 0,058    | ---          | ---         | 0,0477   | 0,106 | 0,106 |
| AM/L-06/BP      | 0,058    | 0,02115      | ---         | 0,0477   | 0,127 | 0,127 |
| AM/L-07/BP      | 0,346    | 0,02115      | ---         | 0,1043   | 0,471 | 0,471 |
| AM/L-08/BP      | 0,297    | ---          | ---         | 0,0419   | 0,339 | 0,339 |

Tabla A.9.2.3.1.1. Pérdida de carga en los tramos de alimentación de bastidor.

Debemos tener en cuenta la multiplicidad de los tramos y los equipos.

$$H_T = H + 3 \times h_{mezcladores} + h_{filtro\ malla} + 4 \times h_{filtro\ cartucho}$$

$$H_T = 7,928\ m + 3 \times 1,22\ m + 1,47645\ m + 4 \times 0,5625\ m = 13,40\ m$$

La presión en la sección donde se encuentra A:

$$P_A = 1.024,4\ \frac{Kg}{m^3} \times 3\ m + 10.332,3\ \frac{Kg}{m^2} = 13.405,5\ \frac{Kg}{m^2} = 13,4055\ m$$

Sustituyendo en Bernoulli:

$$W = \left( 13,40 \text{ m} + \frac{13.405,5 \text{ Kg/m}^2 - 10.332,3 \text{ Kg/m}^2}{1.024,4 \text{ Kg/m}^2} + 1,5 \text{ m} + 0,2704 \text{ m} \right) = 18,17 \text{ m}$$

❖ Selección de la bomba de impulsión de agua alimentación.

La bomba de trasvase debe impulsar un caudal de 520,84 m<sup>3</sup>/h y tener una capacidad mínima de 18,17 m. La bomba seleccionada al igual que las anteriores será del fabricante Sulzer.

Instalaremos el mismo modelo que para la captación pues los requerimientos de altura útil y caudal aunque varían se mantienen dentro del rango de funcionamiento. A lo anterior se une que el agua de alimentación aun no ha sido filtrada y contiene aun gran cantidad de sólidos en suspensión, por tanto la bomba de impulsión será de la serie RW de Bombas Itur S.A,

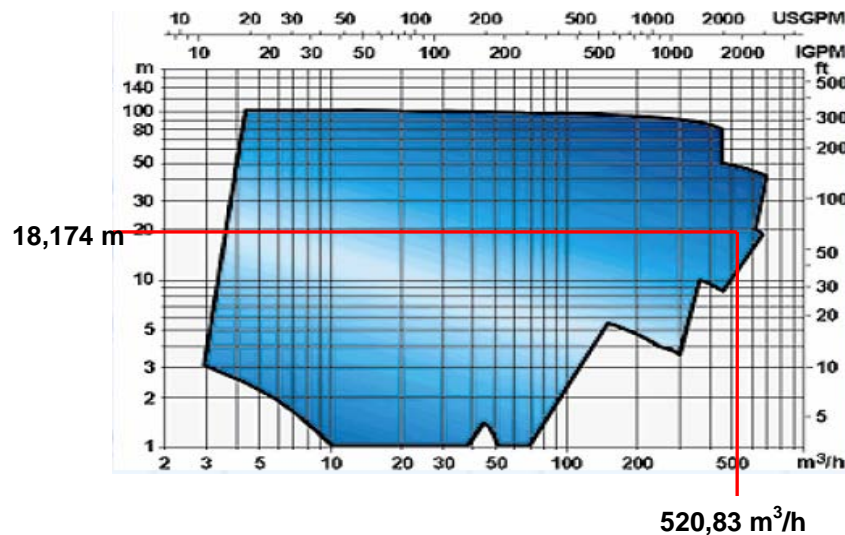


Figura A.9.2.1.1. Rango de funcionamiento de la serie RW.

Fuente: www.itur.es

#### A.9.2.3.2. Bomba de impulsión de permeado.

Su misión es transportar el permeado saliente de los bastidores hasta el tanque de almacenamiento de agua producto. Resolveremos Bernouilli para este tramo donde el punto A será la salida de los bastidores y el punto B será la superficie del agua en el depósito de agua producto.

En el punto A la presión será la presión de salida del permeado de los tubos de presión que es 0,2 bar (2.039,4 Kg/m<sup>2</sup>), la velocidad será la existente en la conducción P/L-12/BP que recoge el mismo. La cota cero se considerará la altura de la fila de tubos superior.

En el punto B la presión será la presión atmosférica, la velocidad se calculará como la del fluido en el conducto P/17/BP y la altura será la del tanque considerando el caso mas desfavorable. La cota de B será entonces 15,570 metros, suponiendo el tanque lleno. Por tanto la diferencia de cotas tendrá un valor de 14,07 metros. El caudal aportado debe ser el perteneciente a la producción total, 15033,98 m<sup>3</sup>/h.

Las pérdidas de carga son las referentes a los tramos P/L-12/BP, P/L-13/BP, P/L-14/BP, P/L-15/BP, P/L-16/BP y P/17/BP. En este caso no existe ningún filtro de malla, de cartuchos o mezclador estático.

| TRAMO         | $h_s(m)$ | $h_\theta(m)$ | $H_D(m)$ | $h_L(m)$ | H(m)  | $H_T(m)$ |
|---------------|----------|---------------|----------|----------|-------|----------|
| P/L-12/BP     | ---      | 0,02599       | ---      | 0,3326   | 0,359 | 0,359    |
| P/L-13/BP     | 0,306    | 0,00857       | ---      | 0,1408   | 0,455 | 0,455    |
| P/L-14/BP     | ---      | 0,00026       | ---      | 0,5134   | 0,514 | 0,514    |
| P/L-15/BP     | 0,000    | 0,00186       | ---      | 0,7845   | 0,786 | 0,786    |
| P/L-16/BP     | 0,514    | 0,00110       | ---      | 0,657    | 1,172 | 1,172    |
| P/17/BP (asp) | 0,500    | ---           | ---      | 0,0882   | 0,588 | 4,5289   |
| P/17/BP(imp)  | 2,307    | ---           | 0,64078  | 0,9929   | 3,941 |          |

Tabla A.9.2.3.2.1. Pérdida de carga en los tramos de permeado.

Teniendo en cuenta la multiplicidad de las conducciones:

$$H_T = \sum H = 7,815 \text{ m}$$

Sustituyendo en Bernouilli para el tramo:

$$W = \left( 7,815 \text{ m} + \frac{10.332,3 \text{ Kg/m}^2 - 2.039,4 \text{ Kg/m}^2}{1.024,4 \text{ Kg/m}^3} + 14,075 \text{ m} + (0,6408 - 0,2704) \text{ m} \right)$$

$$W = 30,35 \text{ m}$$

❖ Selección bomba impulsión del permeado.

La bomba del permeado debe impulsar un caudal de 15.033,98 m<sup>3</sup>/d (626,42 m<sup>3</sup>/h) y tener una capacidad mínima de 30,35 m. La selección de la bomba se realizará nuevamente de la empresa Bomba Itur S.A. Para este caudal y altura útil tan altos dispondremos de una bomba INP.

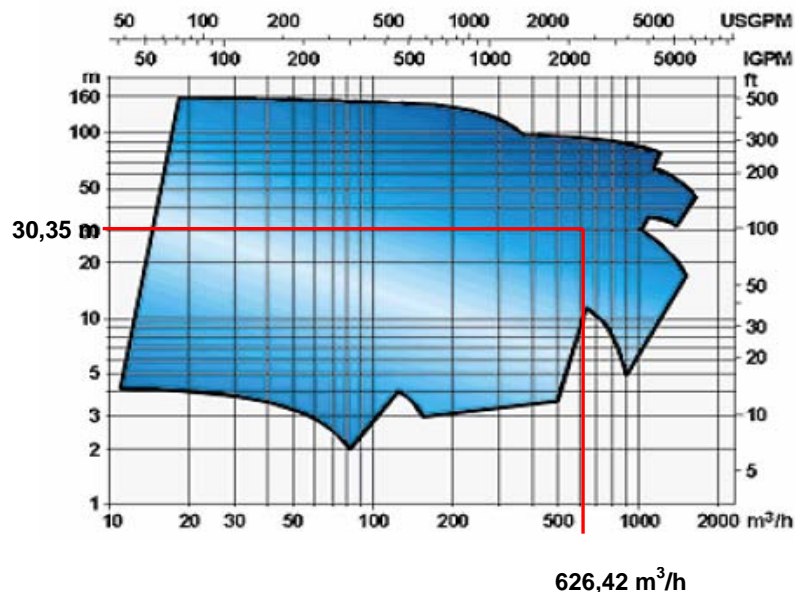


Figura A.9.2.3.2.1. Rango de aplicación del modelo INP.

Fuente: www.itur.es



#### A.9.2.3.3. Bomba de impulsión de agua producto.

Será la bomba que impulse el agua producto desde su depósito de almacenamiento hasta los depósitos de abastecimiento urbano situados a una distancia de 1.500 metros.

Fijaremos como punto A la salida del recipiente de agua producto y como punto B terminación de la conducción desde donde cae a los depósitos municipales de abastecimiento.

En el punto A la presión será la presión de salida del agua producto, que tendrá un valor igual a la suma de la columna de agua más la presión atmosférica, en el punto B la presión tendrá el valor de la presión atmosférica. La velocidad se en la sección del punto A se considerará cero y en B la debida al flujo del agua por la tubería. Se considerará el punto B con una cota 50 metros superior al punto A.

El caudal aportado debe ser el perteneciente a la producción total dividido entre dos que es el número de líneas, 7.516,99 m<sup>3</sup>/d (313,21 m<sup>3</sup>/h).

Las pérdidas de carga son las referentes al tramo AP/E-27/BP, donde existen dos mezcladores estáticos debidos a la dosificación del postratamiento.

| TRAMO            | h <sub>s</sub> (m) | h <sub>E</sub> (m) | h <sub>D</sub> (m) | h <sub>L</sub> (m) | H(m)   | H(m)   |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|
| AP/E-27/BP (asp) | 0,222              | 0,18524            | ---                | 0,0588             | 0,763  | 47,173 |
| AP/E-27/BP (imp) | 0,963              | ---                | 0,37048            | 44,1026            | 46,409 |        |

Tabla A.9.2.3.3.1. Pérdida de carga en los tramos de permeado.

Debemos tener en cuenta los equipos mencionados.

$$H_T = H + 2 \times h_{mezcladores}$$

$$H_T = 47,173 \text{ m} + 2 \times 2,89 \text{ m} = 52,953 \text{ m}$$

La presión en la sección donde se encuentra A:

$$P_A = 1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 15,57 \text{ m} + 10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 26.282,21 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 26,282 \text{ m}$$

Sustituyendo en Bernoulli:

$$W = \left( 52,953 \text{ m} + \frac{10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} - 26.282,21 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}}{1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} + 50 \text{ m} + 0,37048 \text{ m} \right)$$

$$W = 87,75 \text{ m}$$

❖ Selección de la bomba de impulsión de agua producto.

Para la impulsión del agua producto se situará en la línea una bomba de Bombas Itur S.A nuevamente, serie INP la misma que en la impulsión de permeado, aunque es una bomba principalmente para líquidos con sólidos en suspensión la utilizamos aquí nuevamente porque es la que tiene rangos de operación mas acordes a la necesidad.

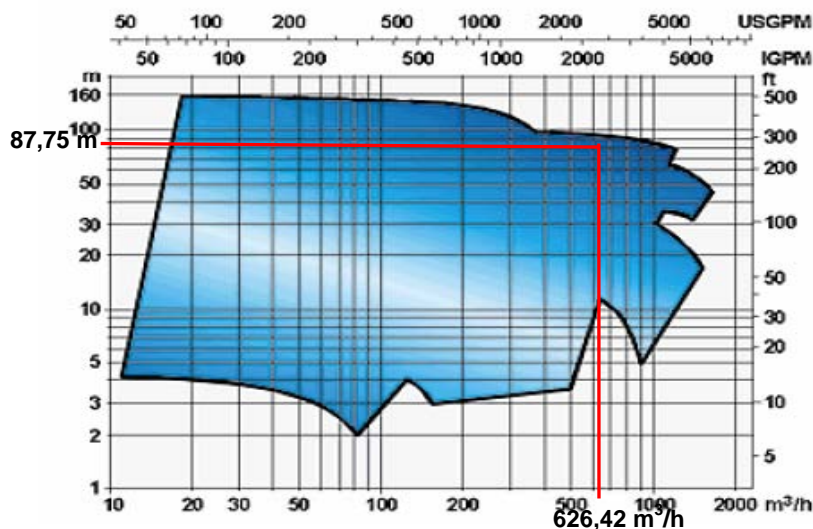


Figura A.9.2.3.3.1. Rango de aplicación del modelo INP.

Fuente: [www.itur.es](http://www.itur.es)

#### A.9.2.4. Bomba del sistema de agua de servicio.

Con ella se hará el trasvase desde el recipiente de almacenaje de agua producto para su uso como agua de servicio de la planta.

Este trasvase será para el llenado de los tanques:

- ❖ Depósito del sistema de lavado de membranas.
- ❖ Depósito de dosificación de Genesys HR.
- ❖ Depósito de dosificación de Hidróxido cálcico.

El cálculo de la altura útil se realizará para las condiciones mas desfavorables, estas son el llenado del recipiente desde el que se dosifica el inhibidor, ya que es el trayecto con más pérdida de carga. Será entonces el punto A embocadura en el tanque de almacenaje de agua producto y el punto B la desembocadura en el recipiente de inhibidor.

Las condiciones en el punto A serán una presión igual a la atmosférica mas el peso de la columna de agua, una velocidad igual a cero y una altura geométrica cero pues se toma como cota referencia. Para el punto B la presión se considera de valor la atmosférica, la velocidad se tomará la que desarrolla la tubería y la cota la altura de desembocadura. Por consiguiente:

Las pérdidas de carga son las referentes al tramo AP/E-28/BP con la longitud de la conducción hasta el deposito de suministro de inhibidor. No existen equipos que generen caídas de presión.

| TRAMO      | $h_s(m)$ | $h_E(m)$ | $h_D(m)$ | $h_L(m)$ | H(m)   |
|------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| AP/E-28/BP | 1,184    | 0,19604  | 0,39208  | 10,1957  | 13,035 |

Tabla A.9.2.4.1. Pérdida de carga conducción de agua de servicio hasta deposito inhibidor.

La presión en la sección donde se encuentra A:

$$P_A = 1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 18,640 \text{ m} + 10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 29.427,116 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 29,427116 \text{ m}$$

Sustituyendo en Bernouilli:

$$W = \left( 13,035 \text{ m} + \frac{10.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} - 29.427,116 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}}{1.024,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}} + 3,469 \text{ m} + 0,39208 \text{ m} \right) = -2,097 \text{ m}$$

Lo cual nos indica que el agua circulará sin la necesidad de que una bomba efectúe trabajo sobre él, por tanto no es necesario instalar una bomba en el sistema de agua de servicio.

#### A.9.2.5. Bomba del sistema de lavado de membranas.

Como se expone en el apartado A.8 de este documento los fabricantes de membranas aconsejan un caudal dentro del intervalo entre 5 y 9 m<sup>3</sup>/h por cada tubo de presión y se seleccionó 5 m<sup>3</sup>/h lo que mostró que se necesitará un caudal suministrado de 155,0 m<sup>3</sup>/h. En el mismo apartado se hace referencia las presiones de lavado, las cuales se indica que habitualmente son entre 3 y 4 Kg/cm<sup>2</sup> (2,94 y 3,92 bar).

Será pues necesaria una bomba que suministre esas condiciones. Calcularemos los requerimientos estableciendo como punto A la salida del deposito de lavado de membranas y como punto B la entrada a los bastidores.

La presión tendrá un valor en A igual a la atmosférica más el peso de la columna de liquido y en el punto B la indicada como recomendada por los fabricantes, en el caso de este proyecto se establecerá 4 Kg/cm<sup>2</sup>.

La velocidad en el punto A, la embocadura será cero y en el punto B la originada por el caudal y sección de la tubería, 2,142 m/s. la cual esta dentro del rango usual.

| TRAMO            | $h_s(m)$  | $h_\phi (m)$ | $h_E(m)$ | $h_L(m)$ | H(m)   |
|------------------|-----------|--------------|----------|----------|--------|
| LM/E-29/BP (asp) | 2,807E-02 | ---          | 0,11697  | 0,0004   | 0,0004 |
| LM/E-29/BP (imp) | 2,115     | 0,00050      | ---      | 0,1719   | 0,3169 |

Tabla A.9.2.5.1. Pérdida de carga en línea LM/E-29/BP.

La pérdidas totales debidas a la conducción son 0,3173 m a las que hay que añadir 0,5625 m, que es la originada en el portafiltros de seguridad colocado en la red. Así en total la caída de presión en la línea es 0,8798 m.

La presión en la sección donde se encuentra A:

$$P_A = 1.024,4 \frac{Kg}{m^3} \times 3,783 m + 10.332,3 \frac{Kg}{m^2} = 14.207,6 \frac{Kg}{m^2} = 14,2076 m$$

$$P_B = 4 \frac{Kg}{cm^2}$$

Sustituyendo en Bernouilli:

$$W = \left( 0,8798 m + \frac{40.000 \frac{Kg}{m^2} - 14.207,6 \frac{Kg}{m^2}}{1.024,4 \frac{Kg}{m^2}} + 3,783 m + 0,2339 m \right) = 30,075 m$$

❖ Selección bomba del sistema de lavado de membranas.

Las solicitudes de la bomba será las calculadas anteriormente, una altura útil de 30,075 m y un caudal de 155 m<sup>3</sup>/h.

Para realizar esta función se ha elegido una bomba de la empresa Bombas Itur S.A, con un rango de aplicación que contiene las exigencias para el bombeado de la solución limpiadora. El modelo es ILS.

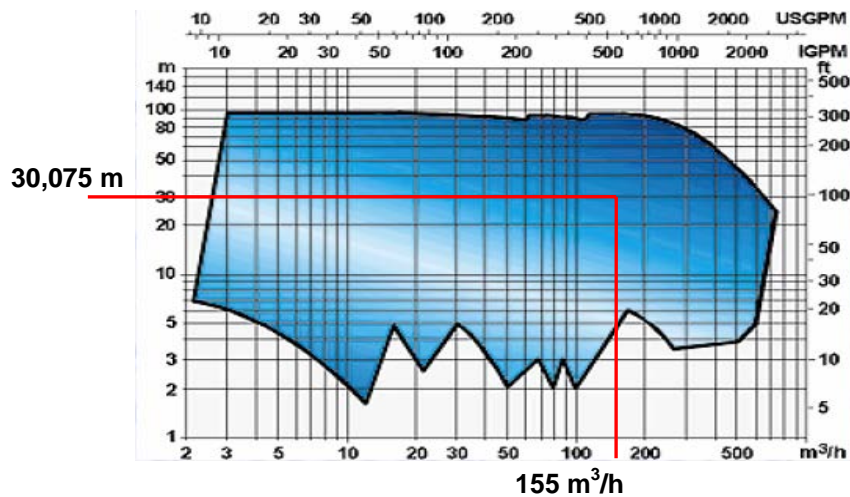


Figura A.9.2.5.1. Rango de aplicación de ILS.  
www.itur.es

#### A.9.2.6. Bombas dosificadoras.

Estas bombas son las encargadas de la dosificación de los reactivos a la línea. Por tanto deben ser acordes al pequeño caudal que de ellos se dosificará. En la siguiente tabla se exponen los caudales que serán dosificados de cada producto químico usado en la planta:

| REACTIVO QUÍMICO                  | CAUDAL     |                |
|-----------------------------------|------------|----------------|
| Ácido sulfúrico                   | 5,66 L/h   | 0,09433 L/min  |
| Hipoclorito sódico pretratamiento | 9,7 L/h    | 0,1617 L/min   |
| Hipoclorito sódico postratamiento | 1,28 L/h   | 0,0213 L/min   |
| Cloruro férrico                   | 2,84 L/h   | 7,02 L/min     |
| Genesys HR                        | 1,0875 L/h | 0,018125 L/min |
| bisulfito sódico                  | 7,02 L/h   | 0,117 L/min    |
| Hidróxido cálcico                 | 39,09 L/h  | 0,6515 L/min   |

Tabla A.9.2.6.1. Caudal de dosificación de productos químicos.

Las bombas dosificadoras se elegirán de la marca TrueDos® perteneciente al grupo ALLDOS internacional AG, el cual posee un amplio rango de modelos.

Las bombas dosificadoras como se desprende de la tabla de arriba deberán al menos dosificar un caudal de 1,0875 L/h y llegar hasta 39,09 L/h, en base a esto el modelo seleccionado de la marca en cuestión es el denominado TrueDos® 222-60D que tiene un caudal máximo de suministro de 60 L/h con una precisión de  $\pm 1,5\%$  a una presión máxima de 10 bar, con una alta eficiencia de dosificación y con monitor de flujo. Aparece en la siguiente figura:

Para ampliar la información y obtener detalle de sus dimensiones ver el apartado B.8.1 del Anexos B: Datos Técnicos.

### **A.9.3. Cálculo de potencia de las bombas.**

Las exigencias de potencia de las bombas se calcularan a partir de la ecuación siguiente:

$$P(KW) = \frac{\rho \times Q_b \times H \times g}{1.000 \times \eta_b}$$

Donde:

$Q_b$  : Caudal de fluido bombeado ( $m^3/s$ ).

$\rho$  : densidad del fluido (  $1.024,4 \text{ Kg}/m^3$ ).

$g$ : aceleración de la gravedad (  $9,806 \text{ m}/s^2$ ).

$H$  : altura útil de operación de la bomba (m).

$\eta_b$  : rendimiento de la bomba.

Suponiendo un rendimiento del 80% para todas las bombas podemos calcular la potencia de cada bomba que será necesaria para realizar su función.

Sustituiremos en la ecuación los parámetros de operación de cada bomba y obtendremos los resultados siguientes:

| BOMBA              | $Q_b$ (m <sup>3</sup> /d) | $Q_b$ (m <sup>3</sup> /s) | H (m)   | Rend ( $\eta_b$ ) | P (KW)  |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------|-------------------|---------|
| Captación.         | 6.250,000                 | 0,072                     | 27,980  | 0,800             | 25,415  |
| Agua alimentación. | 12.500,000                | 0,145                     | 20,240  | 0,800             | 36,769  |
| Alta presión.      | 12.500,000                | 0,145                     | 392,620 | 0,800             | 713,247 |
| Permeado.          | 15.033,972                | 0,174                     | 30,350  | 0,800             | 66,312  |
| B. agua producto.  | 15.033,972                | 0,174                     | 87,750  | 0,800             | 191,725 |
| Lavado membranas.  | 3.270,000                 | 0,038                     | 30,075  | 0,800             | 14,293  |

Tabla A.9.3.1. Potencia consumida por las bombas.

## A.10. TURBINA DE RECUPERACIÓN.

Para reducir el consumo de energía de las bombas de alta presión minimizando por tanto el coste de operación de las mismas, se ha proyectado la disposición de una turbina Pelton para recuperación de parte de la energía que de otra manera se perdería en la corriente de rechazo.

Con los datos de presión y caudal de las corrientes de rechazo se seleccionará la turbina mediante una gráfica proporcionada por el fabricante.

La cantidad de rechazo que procesa la turbina Pelton es la totalidad del caudal de rechazo producido en una vía, o sea será 4.983,01 m<sup>3</sup>/d (57,67 L/s), y la presión se obtendrá de la resta a la presión suministrada por la bomba de



alta presión las pérdidas en la línea hasta la turbina, incluida la debida a los tubos de presión.

$$P_t = 785,24 \text{ m} - 0,4974 \text{ m} - 2 \times 4,13 \text{ m} - 1,0914 \text{ m} = 775,39 \text{ m}$$

De la siguiente gráfica interpolando entre 200 KW y 500 KW se obtiene que la turbina recobrará 410 KW. Resulta de esta manera que como se indica en el apartado anterior, en cada línea de producción de agua desalada se consume en dos bombas de alta presión 9.266,62 KW y recuperamos 410 KW.

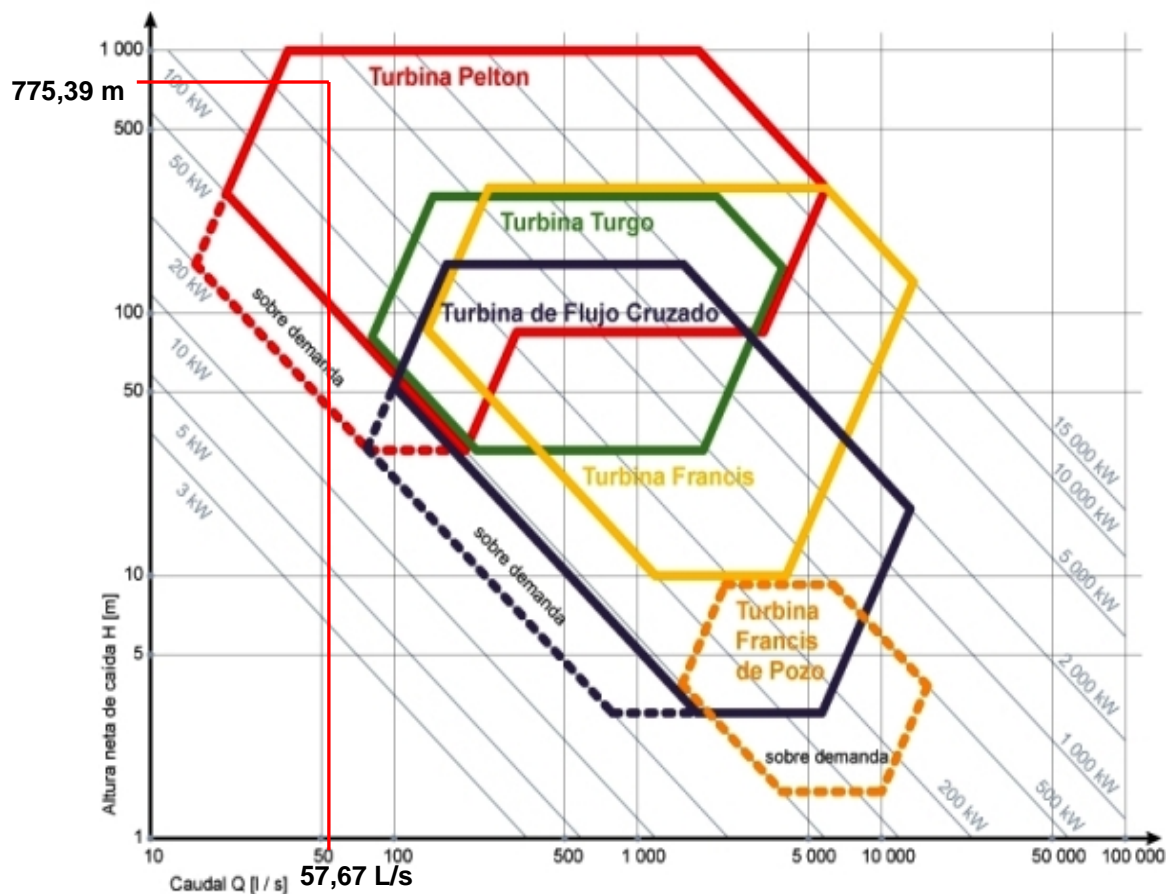


Figura A.10.1. Rangos de operación de turbinas.

Fuente: [www.wkv-ag.com](http://www.wkv-ag.com)

Por tanto, recuperamos 820 KW de potencia en la totalidad del proceso de desalación, sin embargo en la realidad habrá que tener en cuenta el

rendimiento de la turbina. El fabricante asegura un rendimiento mínimo del 85% por tanto:

$$P_i = 820 \text{ KW} \times 0,85 = 697 \text{ KW}$$

Así la potencia real consumida en la Planta por la unidad de ósmosis inversa para la obtención de agua desalada será la gastada por las bombas de alta presión menos la recuperada por las turbinas:

$$P_T = P_b - P_i$$
$$P_T = 2.852,99 \text{ KW} - 697 \text{ KW} = 2.155,99 \text{ KW}$$

Expresando como tanto por ciento la potencia recuperada  $P_i$ :

$$\% P_i = \frac{(697 \text{ KW} \times 100)}{2.852,99 \text{ KW}} = 24,43\%$$

# **ANEXO B**

# **DATOS TÉCNICOS**

## **ÍNDICE DATOS TÉCNICOS**

### **B.1. CARACTERES.**

- B.1.1. Caracteres organolépticos.**
- B.1.2. Caracteres Físico-Químicos.**
- B.1.3. Caracteres relativos a sustancias no deseables.**
- B.1.4. Caracteres relativos a sustancias tóxicas.**
- B.1.5. Caracteres microbiológicos.**
- B.1.6. Concentración mínima para aguas de consumo público sometidas a ablandamiento.**
- B.1.7. Caracteres relativos a radiactividad.**

### **B.2. FICHA TÉCNICA DE LA MEMBRANA.**

### **B.3. FILTRACION GROSERA. FILTROS AUTOMATICOS.**

- B.3.1. Catálogo.**
- B.3.2. Características filtro elegido.**

### **B.4. FILTRACIÓN DE AFINO.**

- B.4.1. Portafiltros.**
  - B.4.1.1. Dimensiones portafiltros.**

### **B.4.2. Filtros de cartuchos.**

### **B.5. FICHAS DE SEGURIDAD.**

- B.5.1. Ácido sulfúrico.**
- B.5.2. Bisulfito de sodio.**
- B.5.3. Cloruro férrico.**
- B.5.4. Hidróxido cálcico.**
- B.5.5. Hipoclorito sódico.**
- B.5.6. Genesys HR.**
- B.5.7. Genesol 37.**

### **B.6. CATÁLOGOS TUBERIAS.**

- B.6.1. Tuberías PRFV de AIQSA.**
- B.6.2. Tuberías de PEAD y PEBD de Tuborama 2004.**

**B.6.3. Tuberías acero inoxidable 316L de Acinesgon S.A.**

**B.7. TUBOS DE PRESIÓN.**

**B.8. BOMBAS.**

**B.8.1. Bomba captación y trasvase depósito intermedio.**

**B.8.2. Bomba alta presión.**

**B.8.3. Bomba impulsión permeado, agua producto.**

**B.8.4. Bomba de sistema lavado membranas.**

**B.8.5. Bomba dosificadora.**

**B.9. CONSTANTE “K” PARA ACCESORIOS.**

**B.10. MEZCLADOR ESTÁTICO.**

**B.11. TARIFAS ELÉCTRICAS.**

## B.1. CARACTERES.

### B.1.1. Caracteres organolépticos.

|   | Parámetros | Expresión de los resultados | Nivel guía | Concentración máxima admisible | Observaciones   |
|---|------------|-----------------------------|------------|--------------------------------|---|
| 1 | Color      | mg/l escala Pt/Co.          | 1          | 20                             |   |
| 2 | Turbidez   | mg/l SiO <sub>2</sub>       | 1          | 10                             | Medición sustituida en determinadas circunstancias por la de la |
|   |            | Unidades Jackson            | 0,4        | 4                              |   |
|   |            | Unidades                    | 1          | 6                              |   |
| 3 | Olor       | Índice de dilución          | 0          | 2 a 12 °C                      | Relacionar con las determinaciones gustativas                   |
|   |            |                             |            | 3 a 25 °C                      |   |
| 4 | Sabor      | Índice de dilución          | 0          | 2 a 12 °C                      | Relacionar con las determinaciones olfativas                    |
|   |            |                             |            | 3 a 25 °C                      |   |

### B.1.2. Caracteres Físico-

#### Químicos.

|     | Parámetros                     | Expresión de los resultados      | Nivel guía       | Concentración máxima admisible                                 | Observaciones   |
|-----|--------------------------------|----------------------------------|------------------|--|---|
| 5.  | Temperatura                    | °C                               | 12               | 25   |   |
| 6.  | Concentración en ión hidrógeno | Unidad pH                        | 6,5 <= pH <= 8,5 | 9,5  | El agua no debería ser agresiva<br>Los valores del pH no se aplican a las aguas acondicionadas. Ver anexo F.                  |
| 7.  | Conductividad                  | S · cm <sup>-1</sup> a 20 °C     | 400              | -  | En correspondencia con la mineralización de las aguas. Valores correspondientes de la resistencia específica en ohm/cm: 2.500 |
| 8.  | Cloruro                        | mg/l Cl                          | 25               | -  | Concentración aproximada más allá de la cual cabe el peligro de que se produzcan efectos: 200 mg/l                            |
| 9.  | Sulfatos                       | mg/l SO <sub>4</sub>             | 25               | 250  |   |
| 10. | Sílice                         | mg/l SiO <sub>2</sub>            | -                | -  |   |
| 11. | Calcio                         | mg/l Ca                          | 100              | -  |   |
| 12. | Magnesio                       | mg/l Mg                          | 30               | 50   |   |
| 13. | Sodio                          | mg/l Na                          | 20               | 150 (con un percentil 80 y período de referencia de tres años) |   |
| 14. | Potasio                        | mg/l K                           | 10               | 12   |   |
| 15. | Aluminio                       | mg/l Al                          | 0,05             | 0,2  |   |
| 16. | Dureza total                   | -                                | -                | -  | Ver anexo F   |
| 17. | Residuo seco                   | mg/l después del secado a 180 °C | -                | 1500   |   |
| 18. | Oxígeno disuelto               | % O <sub>2</sub> de saturación   | -                | -  | Valor de saturación > 75 %, excepto para las aguas subterráneas. Ver anexo F  |
| 19. | Anhidrido carbónico libre      | mg/l CO <sub>2</sub>             | -                | -  | El agua no debería ser agresiva   |

### B.1.3. Caracteres relativos a sustancias no deseables.

(Cantidades excesivas)

|     | Parámetros   | Expresión de los resultados           | Nivel guía  | Concentración máxima admisible                      | Observaciones  |
|-----|--|---------------------------------------|---|---|--|
| 20. | Nitratos   | mg/l NO <sub>3</sub>                  | 25  | 50  |  |
| 21. | Nitritos   | mg/l NO <sub>2</sub>                  | -   | 0,1   |  |
| 22. | Amonio   | mg/l NH <sub>4</sub>                  | 0,05  | 0,5   |  |
| 23. | Nitrógeno Kjeldahl (N de NO <sub>2</sub> y NO <sub>3</sub> excluidos)                      | mg/l N                                | -   | 1   |  |
| 24. | Oxidabilidad (KMnO <sub>4</sub> )  | mg/l O <sub>2</sub>                   | 2   | 5   | Medición hecha en caliente y en medio ácido.   |
| 25. | Carbono orgánico total (TOC)   | mg/l C                                | -   | -   | Cualquier causa de aumento de las concentraciones habituales, habrá de investigarse  |
| 26. | Hidrógeno sulfurado  | mg/l S                                | -   | No detectable desde el punto de vista organoléptico |  |
| 27. | Substancias extraíbles al cloroformo   | Residuo seco mg/l                     | 0,1   | -   |  |
| 28. | Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter); aceites minerales | Ág/l                                  | -   | 10  |  |
| 29. | Fenoles (índice de fenoles)  | Ág/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH | -   | 0,5   | Excluidos los fenoles naturales que no reaccionan con el cloro   |
| 30. | Boro   | Ág/l B                                | 1.000   | -   |  |
| 31. | Agentes tensioactivos (que reaccionan con el azul de metileno)                             | Ág/l (lauril sulfato)                 | -   | 200   |  |
| 32. | Otros compuestos organoclorados no incluidos en el parámetro número 55                     | Ág/l                                  | 1   | -   | La concentración en haloformas se habrá de reducir en la medida de lo posible  |
| 33. | Hierro   | Ág/l Fe                               | 50  | 200   |  |
| 34. | Manganeso  | Ág/l Mn                               | 20  | 50  |  |
| 35. | Cobre  | Ág/l Cu                               | 100 A la salida de las instalaciones de bombeo y/o preparación y de sus dependencias.<br>3.000 Después de doce horas de estancamiento en la canalización y en el punto de puesta a disposición del consumidor | -   | Por encima de 3.000 Ág/l pueden aparecer sabores astringentes, teñidos y corrosiones.  |
| 36. | Zinc   | Ág/l Zn                               | 100 A la salida de las instalaciones de bombeo y/o preparación y de sus dependencias.<br>5.000 Después de doce horas de estancamiento en la canalización y en el punto de puesta a disposición del consumidor | -   | Por encima de 5.000 Ág/l pueden aparecer sabores astringentes, opalescencia y depósitos granulados.  |
| 37. | Fósforo  | Ág/l P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | 400   | 5.000   |  |
| 38. | Flúor  | Ág/l F                                | -   | -   | Concentración máxima admisible variable en función de la temperatura media del área geográfica considerada   |
|     |  | 8-12 °C                               |   | 1.500   |  |
|     |  | 25-30 °C                              |   | 700   |  |
| 39. | Cobalto  | Ág/l Co                               | -   | -   |  |
| 40. | Materias en suspensión   | -                                     | Ausencia  | -   |  |
| 41. | Cloro residual   | mg/l Cl                               | -   | -   | Ver artículo 20 de la Reglamentación Técnico-Sanitaria   |
| 42. | Bario  | Ág/l Ba                               | 100   | -   |  |
| 43. | Plata  | Ág/l Ag                               | -   | 10  | Si, en caso excepcional, se hiciera un uso no sistemático de la plata para el tratamiento de las aguas, se podrá admitir un valor tolerable de 80 Ág/l |

**B.1.4. Caracteres relativos a sustancias tóxicas.**

|    | Parámetros                            | Expresión de los resultados | Nivel guía | Concentración máxima admisible | Observaciones   |
|----|---------------------------------------|-----------------------------|------------|--------------------------------|---|
| 44 | Arsénico                              | Ág/l As                     | -          | 50                             |   |
| 45 | Berilio                               | Ág/l Be                     | -          | -                              |   |
| 46 | Cadmio                                | Ág/l Cd                     | -          | 5                              |   |
| 47 | Cianuros                              | Ág/l CN                     | -          | 50                             |   |
| 48 | Cromo                                 | Ág/l Cr                     | -          | 50                             |   |
| 49 | Mercurio                              | Ág/l Hg                     | -          | 1                              |   |
| 50 | Níquel                                | Ág/l Ni                     | -          | 50                             |   |
| 51 | Plomo                                 | Ág/l Pb                     | -          | 50 (en agua corriente)         | En el caso de canalizaciones de plomo, el contenido en plomo no debería ser superior a 50 Ág/l en una muestra extraída después de desagüe, y el contenido en plomo supera con frecuencia o sensiblemente los 100 Ág/l, habrá que adoptar las medidas pertinentes para reducir los riesgos de exposición al plomo que tenga el consumidor. |
| 52 | Antimonio                             | An/l Sb                     | -          | 10                             |   |
| 53 | Selenio                               | Ág/l Se                     | -          | 10                             |   |
| 54 | Vanadio                               | Ág/l V                      | -          | -                              |   |
| 55 | Plaguicidas y productos similares     | Ág/l                        | -          | -                              | Se entiende por plaguicidas y productos similares:  |
|    | - por sustancia individualizada       |                             | -          | (0,1)                          | - los insecticidas:<br>- organoclorados<br>- organofosforados<br>- carbamatos   |
|    | - en total                            |                             | -          | (0,5)                          | - los herbicidas<br>- los fungicidas<br>- los PCB y los PCT   |
| 56 | Hidrocarburos policíclicos aromáticos | Ág/l                        | -          | 0,2                            | Substancias de referencia:<br>- fluoranteno<br>- benzo 3,4 fluoranteno<br>- benzo 11,12 fluoranteno<br>- benzo 3,4 pireno<br>- benzo 1,12 perileno<br>- indeno (1,2,3-ed) pireno  |

Los valores de concentración máxima admisible entre paréntesis son provisionales.



### B.1.5. Caracteres microbiológicos.

|    | Parámetros                     | Resultados volumen de la muestra (en ml) | Nivel guía | Concentración máxima admisible |                                 |
|----|--------------------------------|--|------------|--------------------------------|---------------------------------|
|    |                                |  |            | Método de membranas filtrantes | Método de tubos múltiples (NMP) |
| 57 | Coliformes totales             | 100                                      | -          | 0                              | NMP < 1                         |
| 58 | Coliformes                     | 100                                      | -          | 0                              | NMP < 1                         |
| 59 | Estreptococos fecales          | 100                                      | -          | 0                              | NMP < 1                         |
| 60 | Clostridium sulfitorreductores | 20                                       | -          | -                              | NMP < 1                         |

|    | Parámetros  |      | Resultados volumen de la muestra (en ml) | Nivel guía     | Concentración máxima admisible | Observaciones |
|----|---|------|--|----------------|--------------------------------|---------------|
| 61 | Recuento de los gérmenes totales en las aguas destinadas al consumo | 37°C | 1  | 10 (1)<br>(2)  | -                              | -             |
|    |   | 22°C | 1  | 100 (1)<br>(2) | -                              | -             |
| 62 | Recuento de los gérmenes totales para las aguas acondicionadas      | 37°C | 1  | 5              | 20                             | -             |
|    |   | 22°C | 1  | 20             | 100                            | -             |

### B.1.6. Concentración mínima para aguas de consumo público sometidas a ablandamiento.

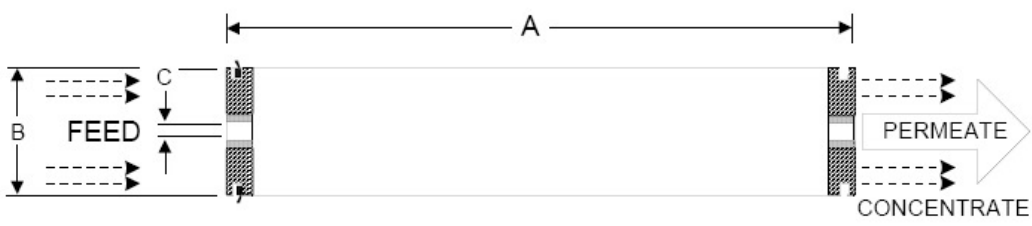
|   | Parámetros                     | Expresión de los resultados | Concentración mínima exigida (aguas ablandadas) | Observaciones                   |
|---|--------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Dureza total                   | mg/l Ca                     | 60  | Calcio o cationes equivalentes  |
| 2 | Concentración en ion hidrógeno | pH                          | -   | -                               |
| 3 | Alcalinidad                    | Mg/l HCO <sub>3</sub>       | 30  | El agua no debería ser agresiva |
| 4 | Oxígeno disuelto               | -                           | -   | -                               |

### B.1.7. Caracteres relativos a radiactividad.

|    | Parámetros            | Expresión de los resultados | Nivel guía | Concentración máxima exigida | Observaciones |
|----|-----------------------|-----------------------------|------------|------------------------------|---------------|
| 63 | Actividad alfa global | Bequerelios/l               | 0,1        | -                            | -             |
| 64 | Actividad beta global | Bequerelios/l               | 1          | -                            | -             |

## B.2. FICHA TÉCNICA DE LA MEMBRANA.




| Membrane Element   |  | SWC4+                              |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|--|--|------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| <b>Performance:</b>  | Permeate Flow:   | 6,500 gpd (24.6 m <sup>3</sup> /d) |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Salt Rejection:  |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | nominal:   | 99.8 %                             |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | minimum:   | 99.7 %                             |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| <b>Type</b>  | Configuration:   | Spiral Wound                       |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Membrane Polymer:  | Composite Polyamide                |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Nominal Membrane Area:   | 400 ft <sup>2</sup>                |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| <b>Application Data*</b>   | Maximum Applied Pressure:  | 1200 psig (8.27 MPa)               |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Chlorine Concentration:  | < 0.1 PPM                          |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Operating Temperature:   | 113 °F (45 °C)                     |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Feedwater pH Range:  | 3.0 - 10.0                         |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Feedwater Turbidity:   | 1.0 NTU                            |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Feedwater SDI (15 mins):   | 5.0                                |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Feed Flow:   | 75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:   | 5:1                                |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | Maximum Pressure Drop for Each Element:  | 10 psi                             |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|  | * The limitations shown here are for general use. The values may be more conservative for specific projects to ensure the best performance and longest life of the membrane. |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| <b>Test Conditions</b>   |  |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:   |  |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| 32,000 ppm NaCl<br>800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure<br>77 °F (25 °C) Operating Temperature<br>10% Permeate Recovery<br>6.5 - 7.0 pH Range  |  |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
|    |  |                                    |                   |                |                |                   |             |              |              |           |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>A, inches (mm)</th> <th>B, inches (mm)</th> <th>C, inches (mm)</th> <th>Weight, lbs. (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40.0 (1016)</td> <td>7.95 (201.9)</td> <td>1.125 (28.6)</td> <td>36 (16.4)</td> </tr> </tbody> </table> |  |                                    | A, inches (mm)    | B, inches (mm) | C, inches (mm) | Weight, lbs. (kg) | 40.0 (1016) | 7.95 (201.9) | 1.125 (28.6) | 36 (16.4) |
| A, inches (mm)   | B, inches (mm)   | C, inches (mm)                     | Weight, lbs. (kg) |                |                |                   |             |              |              |           |
| 40.0 (1016)  | 7.95 (201.9)   | 1.125 (28.6)                       | 36 (16.4)         |                |                |                   |             |              |              |           |

Fuente: <http://www.hydranautics.com/>

### B.3. FILTRACIÓN GROSERA. FILTROS AUTOMÁTICOS.

#### B.3.1. Catálogo.



**TEKLEEN**  
The Next Generation in Water Filtration

**AUTOMATIC FILTERS, INC.**  
2672 S. La Cienega Blvd., Los Angeles, CA 90034 U.S.A.  
Tel (800) 336 1942 (310) 839 2828 Fax (310) 839 6878  
info@tekleen.com www.tekleen.com

|            | Model      | Connection<br>inches | Screen Area<br>sq. ft. | Max Flow<br>gpm | Empty Wt.<br>lbs. | Specifications   |
|------------|------------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|--|
| <b>ABW</b> | ABW2 - LP  | 2                    | 0.5                    | 100             | 120               | Stainless steel body at the carbon steel price (stainless steel 316L body or carbon steel body with baked on powder epoxy coating at the same price.) Internal parts: stainless steel dirt collector, stainless steel screen on a PVC sleeve. Maximum 150 psi, 150° F. Standard screen mesh 50µ to 1000µ. Optional 3 layer stainless steel screen to 10µ, high temperature, and high pressure. |
|            | ABW3       | 3                    | 0.5                    | 150             | 150               |  |
|            | ABW3 - LP  | 3                    | 1.7                    | 250             | 200               |  |
|            | ABW4       | 4                    | 0.8                    | 350             | 170               |  |
|            | ABW4 - L   | 4                    | 3.3                    | 500             | 250               |  |
|            | ABW4 - LP  | 4                    | 3.3                    | 500             | 250               |  |
|            | ABW6 - L   | 6                    | 3.3                    | 800             | 350               |  |
|            | ABW6 - LP  | 6                    | 3.3                    | 800             | 350               |  |
|            | ABW6 - XLP | 6                    | 4.9                    | 800             | 400               |  |
|            | ABW8       | 8                    | 3.3                    | 1,300           | 400               |  |
|            | ABW8 - P   | 8                    | 3.3                    | 1,300           | 400               |  |
|            | ABW8 - LP  | 8                    | 5.0                    | 1,600           | 500               |  |
|            | ABW10      | 10                   | 4.4                    | 1,800           | 500               |  |
|            | ABW10 - P  | 10                   | 4.4                    | 1,800           | 500               |  |
|            | ABW12      | 12                   | 6.6                    | 2,500           | 700               |  |
|            | ABW12 - P  | 12                   | 6.6                    | 2,500           | 700               |  |
| ABW14      | 14         | 7.4                  | 4,000                  | 800             |                   |  |
| ABW14 - P  | 14         | 7.4                  | 4,000                  | 800             |                   |  |
| ABW16 - LP | 16         | 10.0                 | 6,000                  | 1,000           |                   |  |
| ABW20 - TP | 20         | 20.0                 | 8,000                  | 1,800           |                   |  |
| ABW24 - TP | 24         | 20.0                 | 12,000                 | 2,000           |                   |  |

|             | Model      | Connection<br>inches | Screen Area<br>sq. ft. | Max Flow<br>gpm | Empty Wt.<br>lbs. | Specifications   |
|-------------|------------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|--|
| <b>BELL</b> | Bell - 1.5 | 1.5" NPT             | 0.5                    | 50              | 60                | Carbon steel body with baked on powdered epoxy coating. Maximum 150 psi, 150° F, Stainless steel screen mesh 35µ to 400µ. 2 gallons per rinse with a 1" valve & 8 gallons per rinse with a 2" valve. |
|             | Bell - 2   | 2" NPT               | 0.5                    | 100             | 60                |  |
|             | Bell - 3   | 3" NPT               | 0.5                    | 150             | 60                |  |
|             | Bell - 3L  | 3" ANSI              | 0.8                    | 200             | 80                |  |
|             | Bell - 4   | 4" ANSI              | 0.8                    | 300             | 90                |  |
|             | Bell - 4L  | 4" ANSI              | 1.7                    | 400             | 150               |  |
|             | Bell - 6   | 6" ANSI              | 1.7                    | 500             | 200               |  |

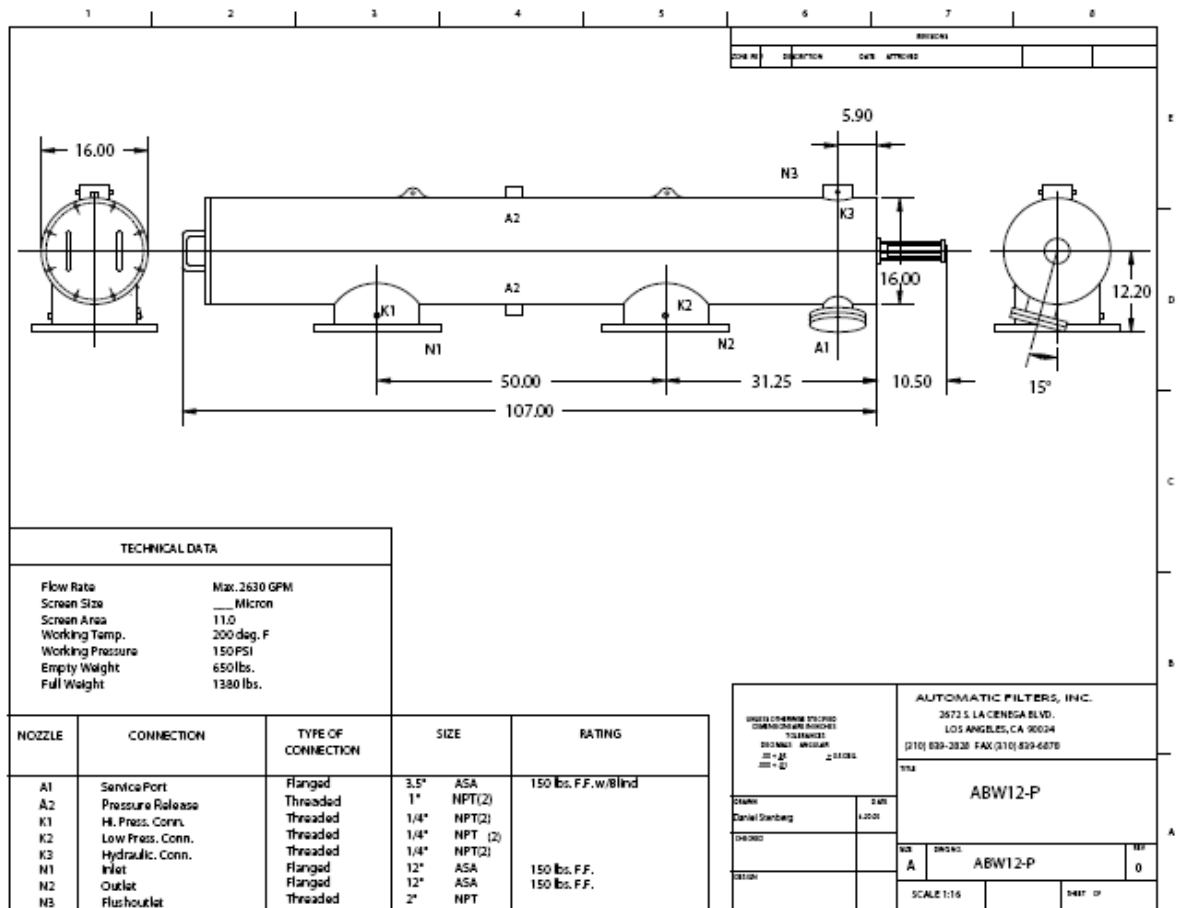
|            | Model    | Connection<br>inches | Screen Area<br>sq. ft. | Max Flow<br>gpm | Empty Wt.<br>lbs. | Specifications  |
|------------|----------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|---|
| <b>MTF</b> | MTF1     | 1" NPT               | 0.6                    | 30              | 30                | Stainless steel body, 316L. Maximum 150 psi, 200° F, 3 layers sintered stainless steel screen Mesh sizes from 5µ to 400µ. 5 second rinse duration, using 2 gallons per rinse without interrupting main flow. 1" flushing valve. |
|            | MTF1.5   | 1.5" NPT             | 0.6                    | 50              | 30                |   |
|            | MTF2     | 2" NPT               | 0.6                    | 80              | 30                |   |
|            | MTF2 - L | 2" NPT               | 1.5                    | 150             | 60                |   |
|            | MTF3     | 3" ASA               | 1.5                    | 200             | 80                |   |
| MTF4       | 4" ASA   | 1.5                  | 300                    | 90              |                   |   |

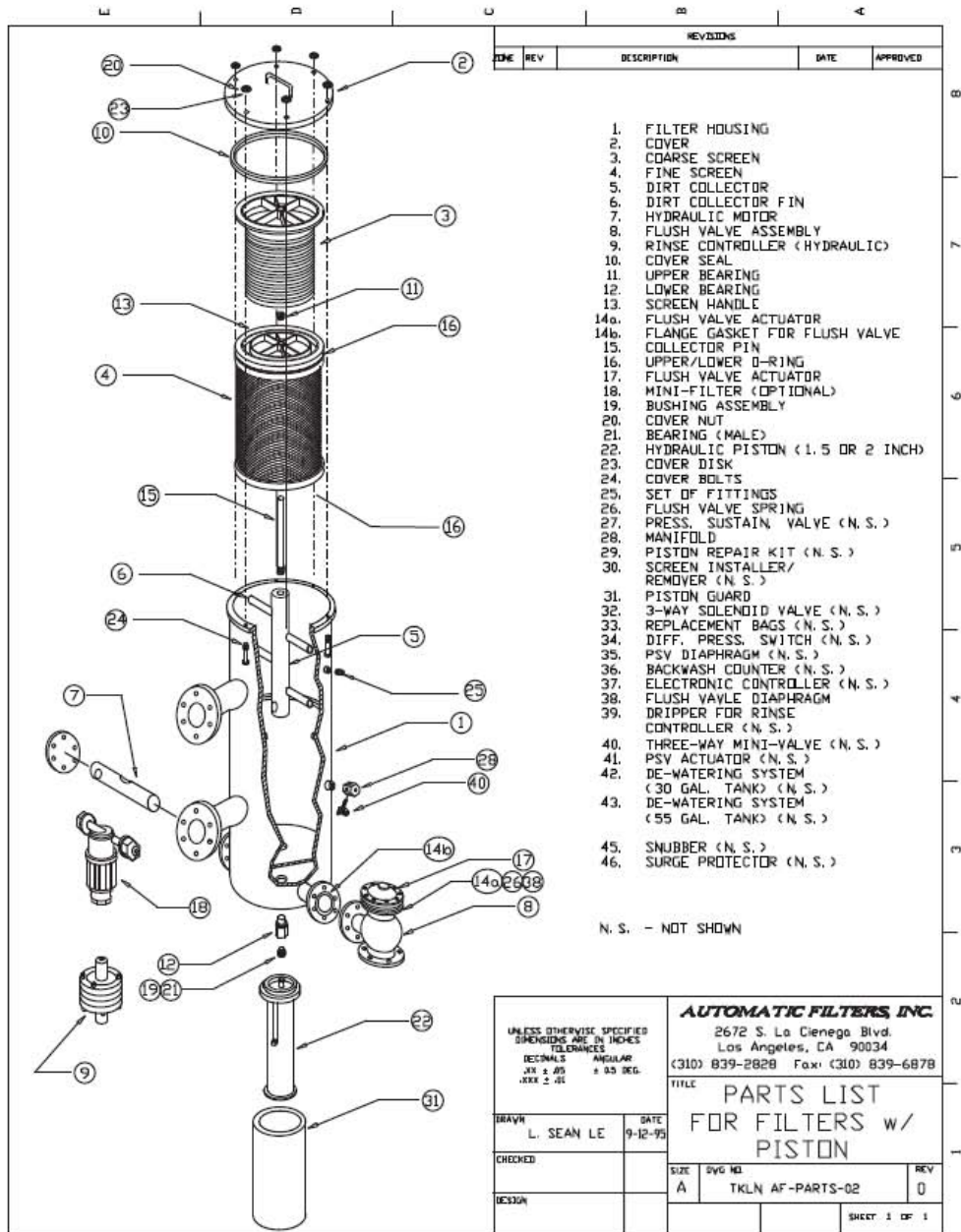
|            | Model       | Connection<br>inches | Screen Area<br>sq. ft. | Max Flow<br>gpm | Empty Wt.<br>lbs. | Specifications  |
|------------|-------------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|---|
| <b>OBF</b> | OBF - 2 - I | 2"                   | 0.8                    | 125             | 50                | All stainless steel body (304L or 316L). Maximum 125 psi, 200°F, triple layered sintered stainless steel screen mesh 5µ to 800µ. 2 gallons per rinse without interruption to the main flow. NEW 1" flushing valve reverser backwash mechanism. 5 second rinse duration. |
|            | OBF - 3P    | 3"                   | 1.5                    | 250             | 60                |   |
|            | OBF - 4P    | 4"                   | 3.0                    | 500             | 80                |   |

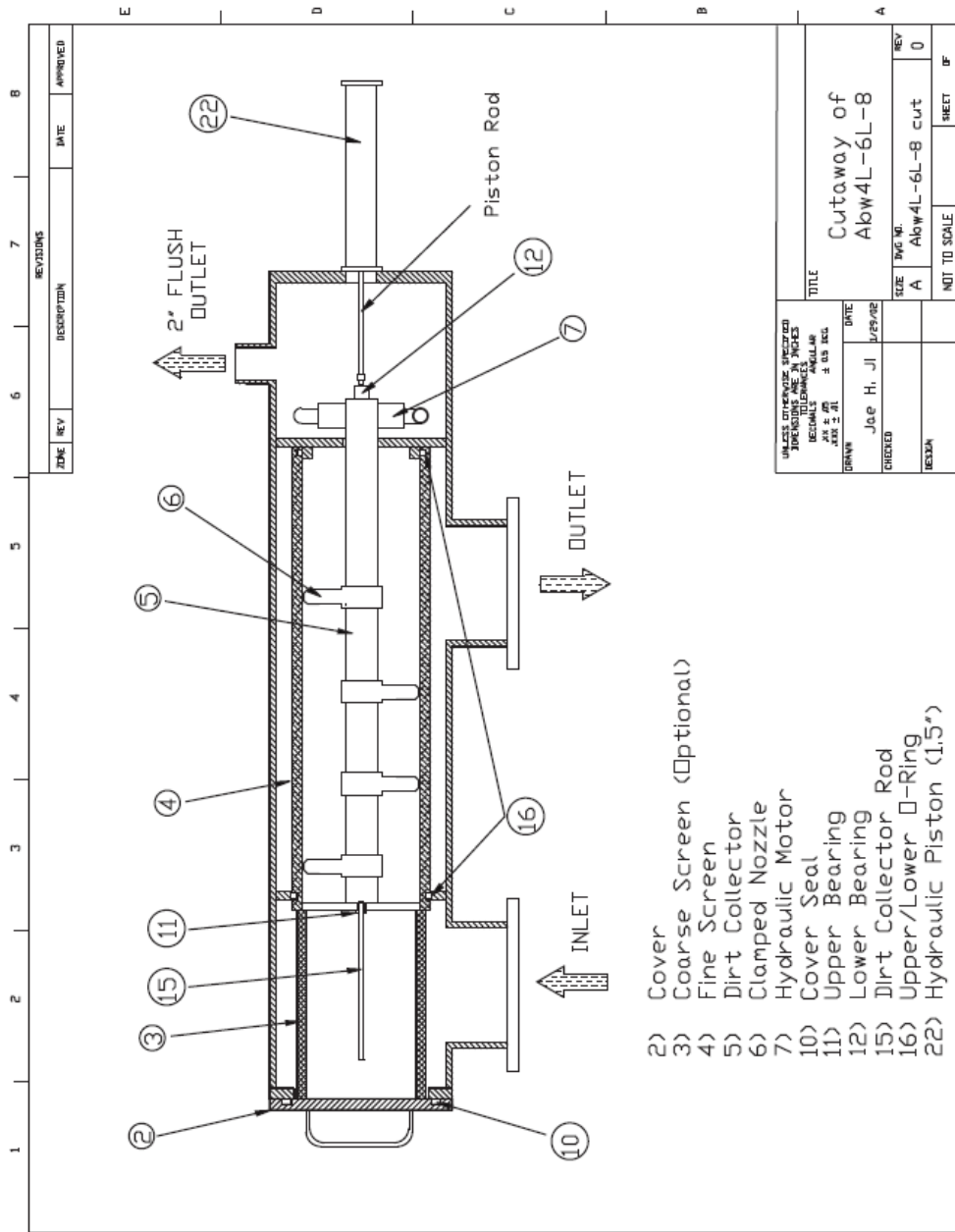
© 2003 Automatic Filters, Inc. Tekleen and the Tekleen logo are trademarks of Automatic Filters, Inc. USA

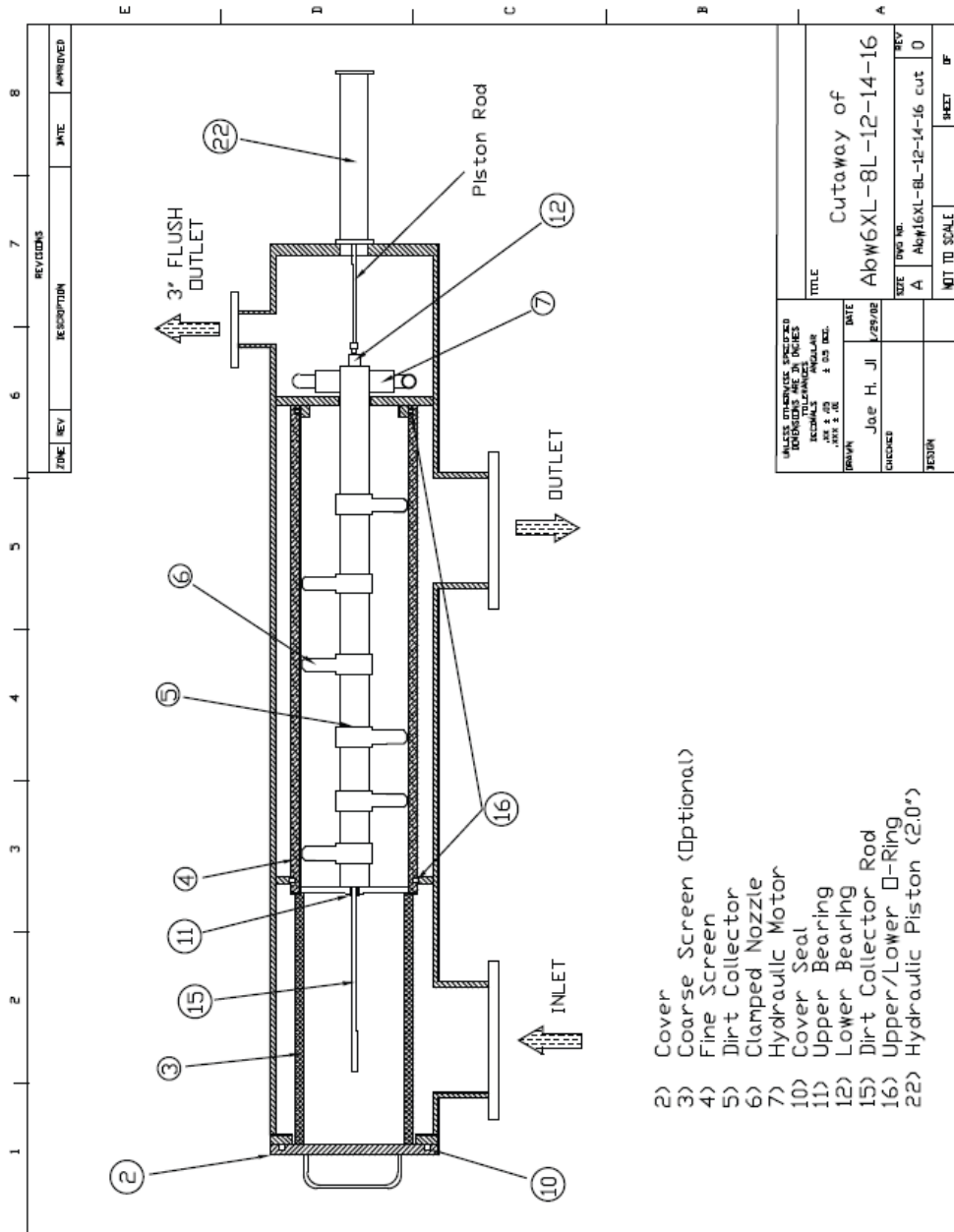
Fuente: <http://www.tekleen.com/products.php>

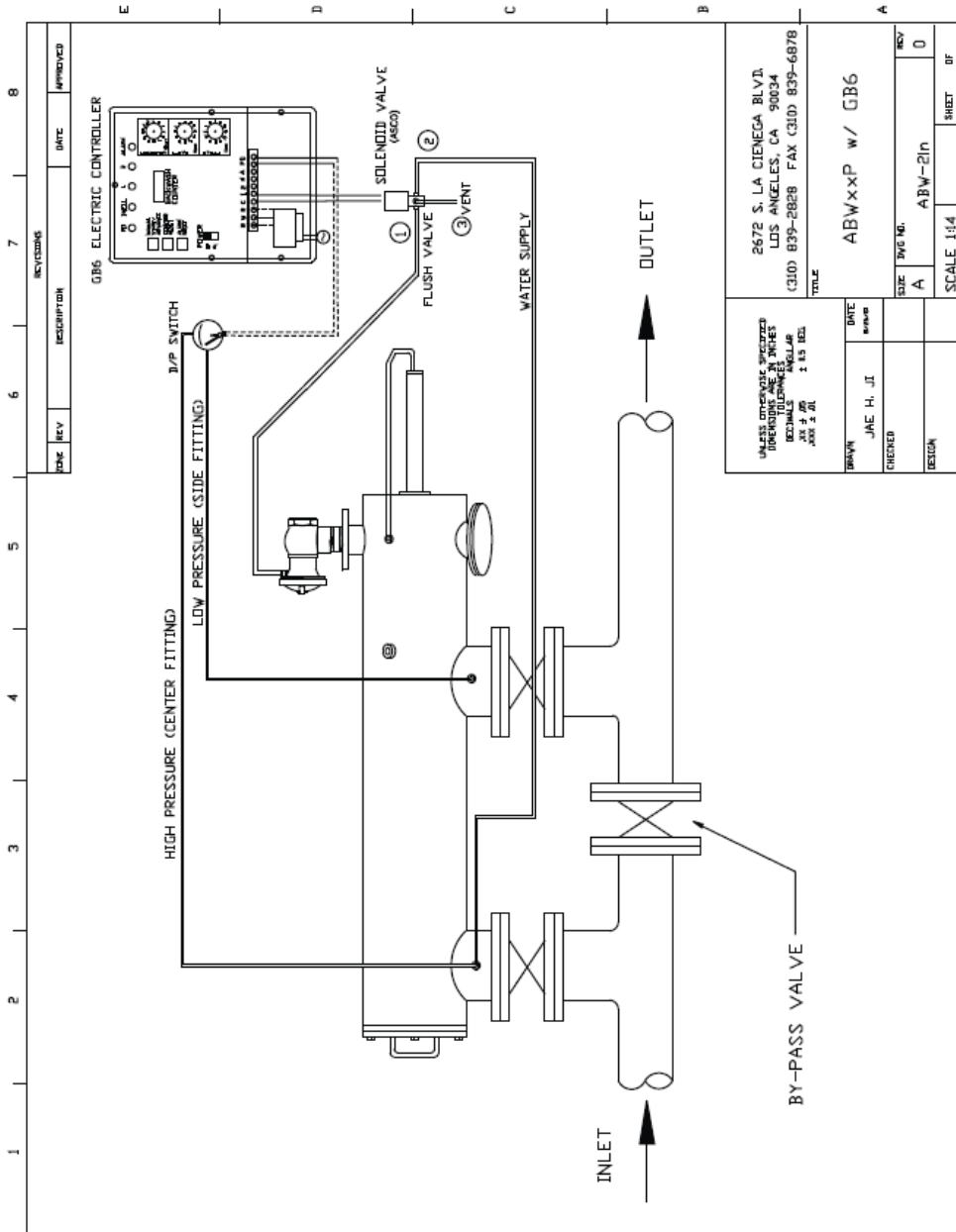
**B.3.2. Características filtro seleccionado.**



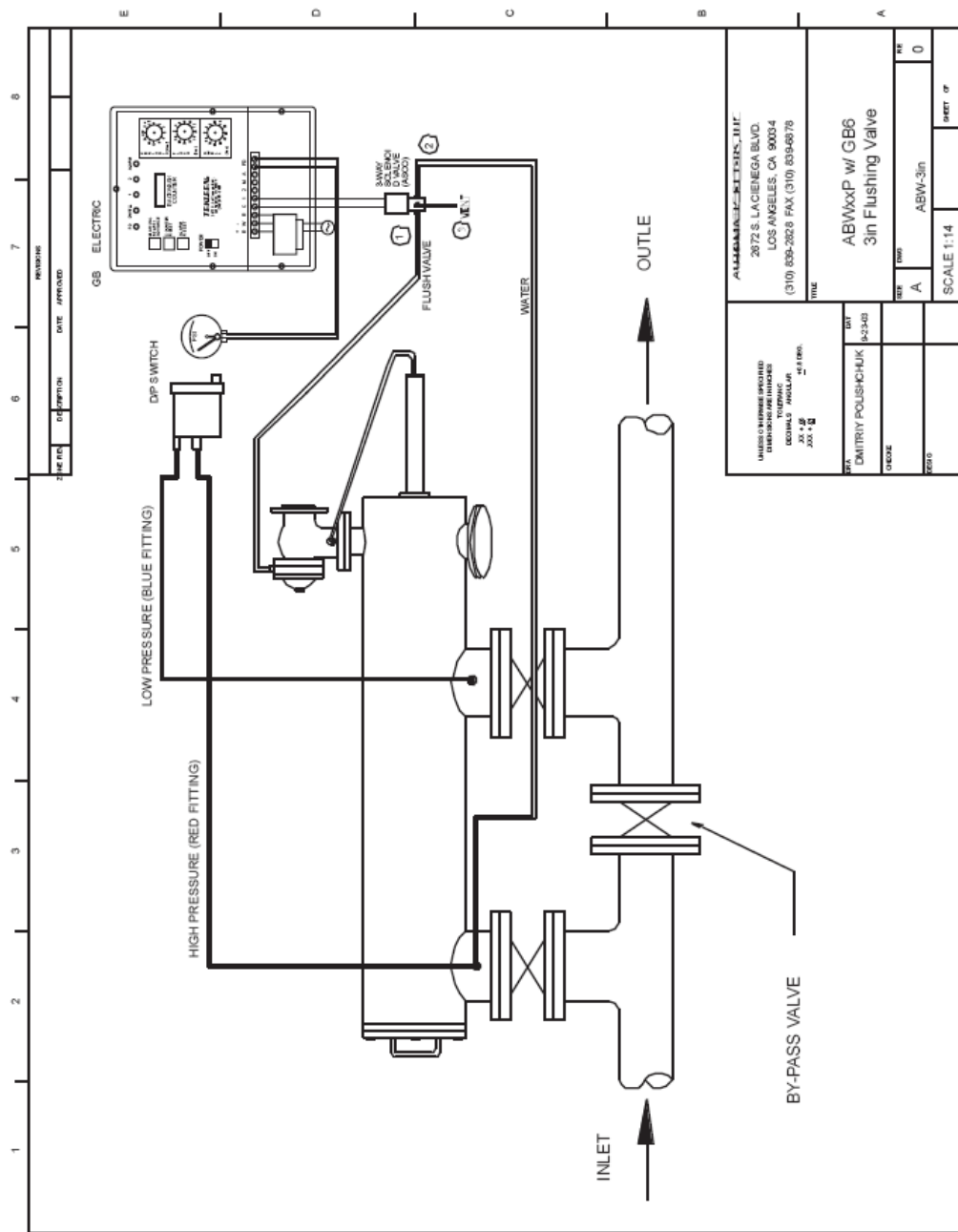


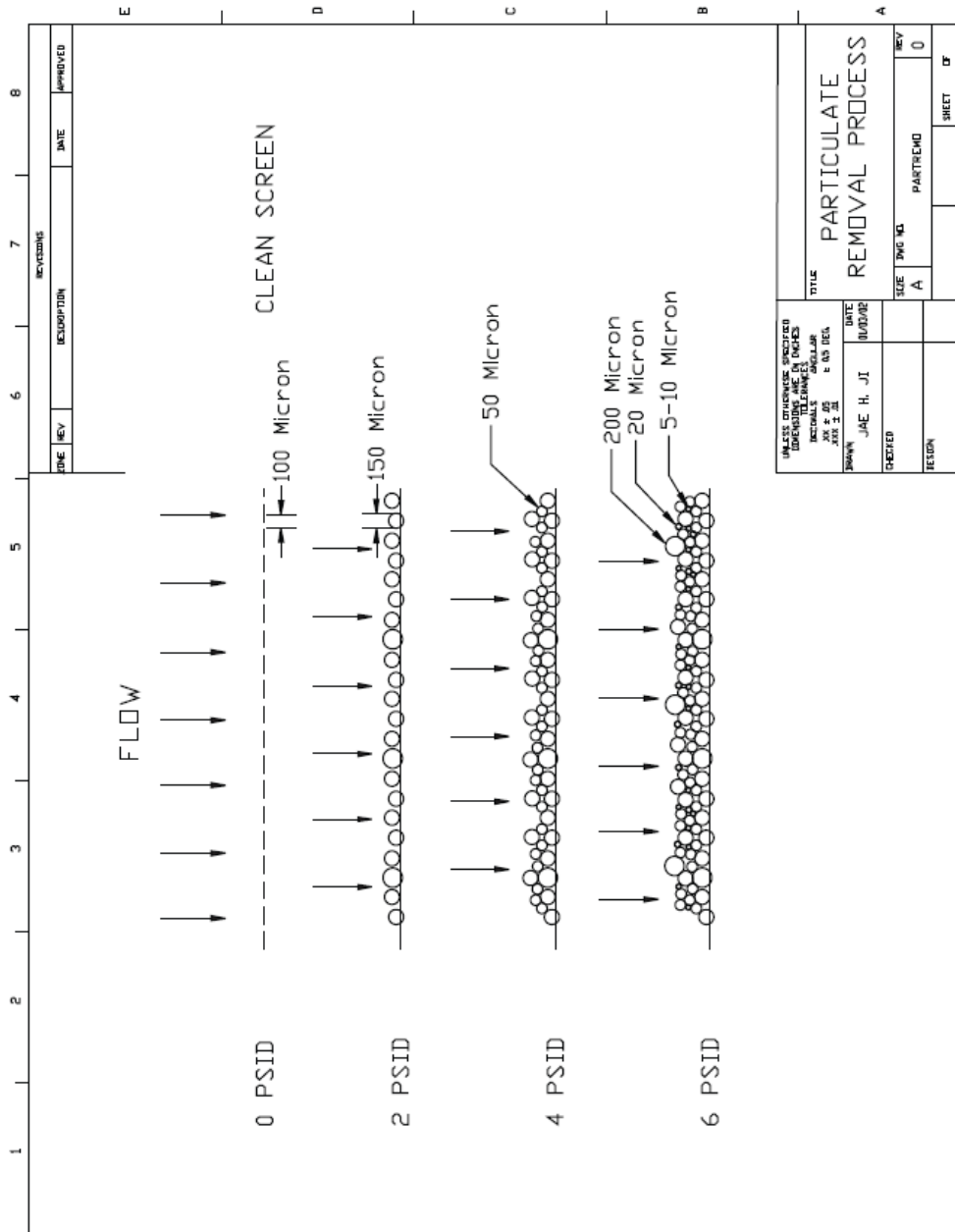






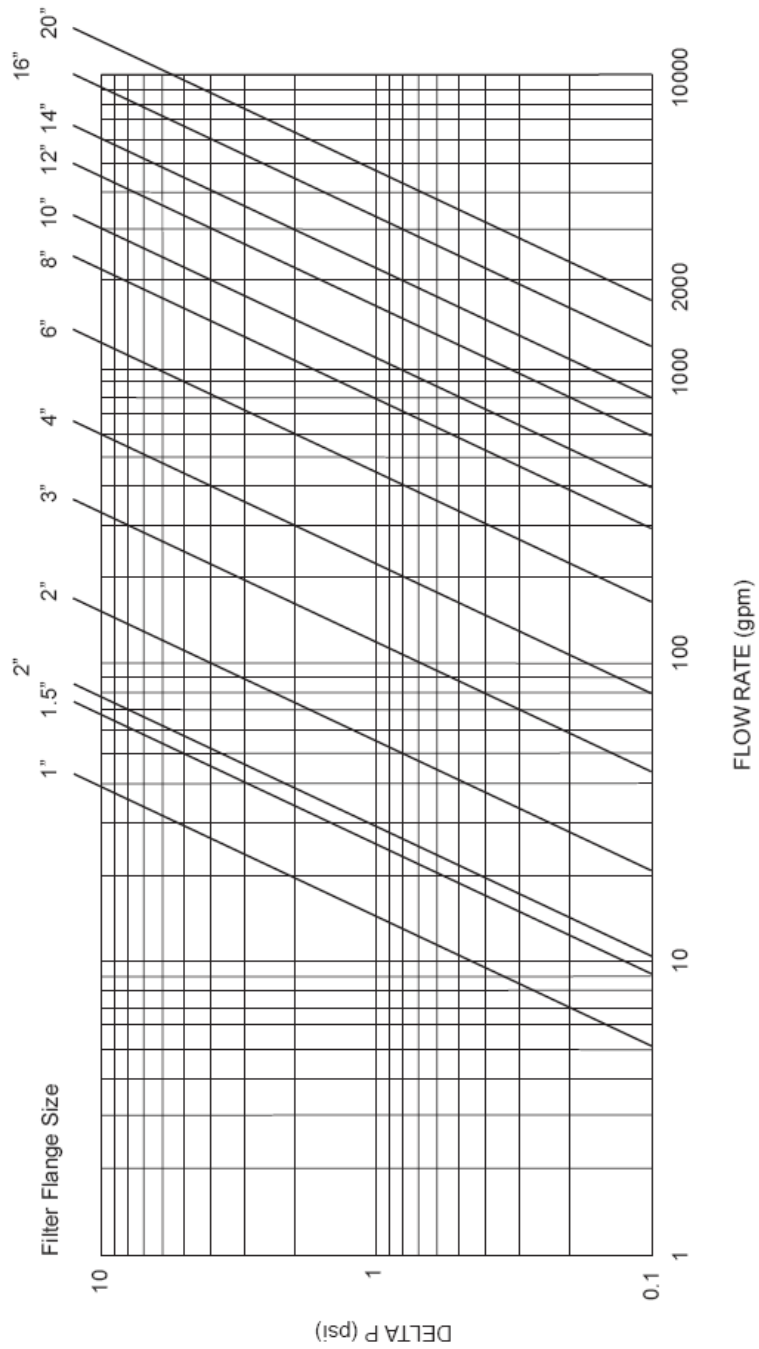






|   |         |                     |                                    |           |
|---|---------|---------------------|------------------------------------|-----------|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED<br>DIMENSIONS ARE IN INCHES<br>DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE IN MILLIMETERS<br>DATE: JUN 3 2010<br>BY: JAE H. JI |         | DATE: 06/03/10      | TITLE: PARTICULATE REMOVAL PROCESS |           |
| CHECKED:  | DESIGN: | SCALE: 1/8" = 1'-0" | PART: A                            | REV: 0    |
| SECTION:  |         | PART: A             |                                    | SHEET: 01 |

PRESSURE DROP DATA



Automatic Filters, Inc.  
ABW Filters Manual

31

## B.4. FILTRACIÓN DE AFINO.

### B.4.1. Portafiltras.

Corresponding Cartridges On Opposite Page

### Harmsco® Up-Flow Filters . . . a design so superior it's patented!



With Harmasco® cluster filters, the entire set of filter cartridges is removed at one time for cleaning or replacement.

#### Cluster Filters



**HIF 7**



**HIF 14**



**HIF 16**



**HIF 21**



**HIF 24**

|                                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Max. flow rate (U.S. GPM) ..... | Up to 90        | Up to 60        | Up to 75        | Up to 90        | Up to 100       |
| Max. flow rate (LPM) .....      | Up to 113       | Up to 226       | Up to 284       | Up to 340       | Up to 397       |
| Max. flow (MPHR) .....          | Up to 7         | Up to 14        | Up to 16        | Up to 21        | Up to 24        |
| Number of std. cartridges ..... | 7               | 14              | 16              | 21              | 24              |
| Alternative cartridge .....     | Single only     | Doubles         | Doubles         | Triplee         | Triplee         |
| Pipe size .....                 | 1-1/2" NPT      | 1-1/2" NPT      | 2" NPT          | 1-1/2" NPT      | 2" NPT          |
| Drain .....                     | 1" NPT          | 1" NPT          | 1" NPT          | 1" NPT          | 1" NPT          |
| Filter height .....             | 19.5" / 49 cm   | 28" / 71 cm     | 28" / 71 cm     | 37" / 94 cm     | 37" / 94 cm     |
| Floor space requirement .....   | 13" x 13"       | 13" x 13"       | 13" x 13"       | 13" x 13"       | 13" x 13"       |
| Service height clearance .....  | 35" / 89 cm     | 48" / 122 cm    | 48" / 122 cm    | 68" / 173 cm    | 68" / 173 cm    |
| Shipping weight (approx.) ..... | 29 lbs. / 13 kg | 39 lbs. / 18 kg | 39 lbs. / 18 kg | 50 lbs. / 23 kg | 50 lbs. / 23 kg |
| Carton dimensions .....         | 14" x 14" x 21" | 14" x 14" x 38" | 14" x 14" x 38" | 14" x 14" x 41" | 14" x 14" x 41" |



#### High-Capacity Filters



**\$3,676**



**\$5,235**



**\$6,572**



**\$10,137**



**\$11,473**

High capacity filters have lifting rods to remove a single stack of cartridges at one time.

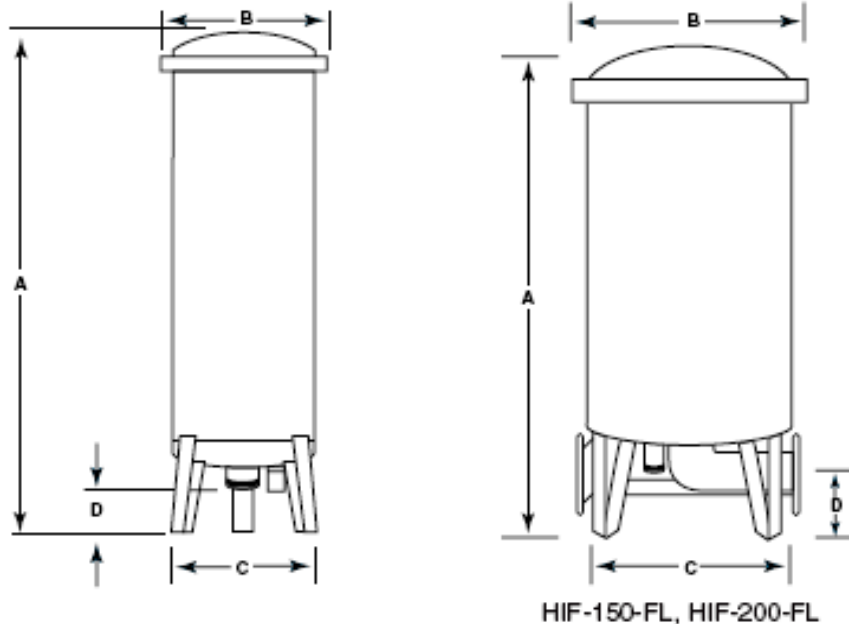
|                                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Max. flow rate (U.S. GPM) ..... | Up to 175       | Up to 300       | Up to 400       | Up to 600       | Up to 800       |
| Max. flow rate (LPM) .....      | Up to 662       | Up to 1,135     | Up to 1,514     | Up to 2,271     | Up to 3,028     |
| Max. flow rate (MPHR) .....     | Up to 42        | Up to 75        | Up to 100       | Up to 150       | Up to 200       |
| Number of std. cartridges ..... | 42              | 75              | 100             | 150             | 200             |
| Alternative cartridge .....     | Triplee         | Triplee         | Doubles         | Triplee         | Doubles         |
| Pipe size .....                 | 2" NPT          | 3" NPT          | 3" NPT          | 4" flanged      | 4" flanged      |
| Drain .....                     | 1" NPT          | 1-1/2" NPT      | 1-1/2" NPT      | 1-1/2" NPT      | 1-1/2" NPT      |
| Filter height .....             | 40" / 102 cm    | 42" / 107 cm    | 52" / 132 cm    | 48" / 122 cm    | 58" / 147 cm    |
| Floor space requirement .....   | 18" x 18"       | 20" x 20"       | 20" x 20"       | 28" x 28"       | 28" x 28"       |
| Service height clearance .....  | 68" / 173 cm    | 70" / 178 cm    | 87" / 221 cm    | 76" / 193 cm    | 93" / 236 cm    |
| Shipping weight (approx.) ..... | 100 lbs.        | 129 lbs.        | 188 lbs.        | 274 lbs.        | 321 lbs.        |
| Shipping weight (kg) .....      | 45 kg           | 86 kg           | 86 kg           | 124 kg          | 156 kg          |
| Carton dimensions .....         | 23" x 23" x 43" | 23" x 23" x 53" | 23" x 23" x 57" | 28" x 28" x 49" | 28" x 28" x 57" |

Recommended flow rates for guidelines only. Typical flow rates are 3 to 6 GPM per 9-3/4" cartridge. Pressure rated to 150 psi (10 bar) max. Standard Harmasco® Up-Flow filter housings and filter cartridges rated for temperatures to 140°F (60°C); ratings based on pressure and time under load. All Stainless Filter housings (see below) and high temperature cartridges (see page 9, 11) recommended for temperatures over 140°F (60°C) to 200°F (93°C). Cartridges not included. For cartridge installation add \$55 service fee. Filters available with victaulic fittings and adjustable legs; for pricing, see bottom of page 25. Units also available with BSP threads as special order. Note: All stainless steel housings are 304; 316 available upon request.

Fuente: [www.harmsco.com](http://www.harmsco.com)

B.4.1.1. Dimensiones portafiltros.

**DIMENSIONS**



| Model      | A       | B   | C   | D        | Service   |              |            |
|------------|---------|-----|-----|----------|-----------|--------------|------------|
|            |         |     |     |          | Ht. Clear | Inlet/Outlet | Drain      |
| HIF-7      | 19-1/2" | 13" | 13" | 3-1/2"   | 35"       | 1-1/2" NPT   | 1" NPT     |
| HIF-14     | 28"     | 13" | 13" | 3-5/16"  | 48"       | 1-1/2" NPT   | 1" NPT     |
| HIF-16     | 28"     | 13" | 13" | 3-7/8"   | 48"       | 2" NPT       | 1" NPT     |
| HIF-21     | 37"     | 13" | 13" | 3-1/2"   | 68"       | 1-1/2" NPT   | 1" NPT     |
| HIF-24     | 37"     | 13" | 13" | 4"       | 68"       | 2" NPT       | 1" NPT     |
| HIF-42     | 40"     | 18" | 18" | 5-3/8"   | 68"       | 2" NPT       | 1" NPT     |
| HIF-75     | 42"     | 20" | 20" | 6-3/8"   | 70"       | 3" NPT       | 1-1/2" NPT |
| HIF-100    | 52"     | 20" | 20" | 5-7/8"   | 87"       | 3" NPT       | 1-1/2" NPT |
| HIF-150-FL | 48"     | 28" | 28" | 5-3/16"* | 76"       | 4" flange    | 1-1/2" NPT |
| HIF-200-FL | 58"     | 28" | 28" | 5-3/16"* | 93"       | 4" flange    | 1-1/2" NPT |

\* To center of flanged fitting.

Fuente: [www.harmsco.com](http://www.harmsco.com)

**B.4.2. Filtros de cartuchos.**

Corresponding Housings On Opposite Page

**Genuine Harmsco® Filter Cartridges**

*These top-of-the-line cartridges cost less to use regardless what they cost to buy because they have extended surface area and can be cleaned & reused.*



**Specifications**

Excluding High Temp Cartridges

|                     |   |                    |   |
|---------------------|---|--------------------|---|
| <b>Filter media</b> | Polyester-Plus™   | <b>pH</b>          | 3 to 11 (see compatibility charts)**  |
| <b>End caps</b>     | Plastisol (pliable PVC)   | <b>Flow rate</b>   | 3-6 GPM (11-22 LPM); One MF/hr. per 9-3/4" length                                     |
| <b>Surface area</b> | Approx. 6 sq. ft. (0.56 M <sup>2</sup> ) per 9-3/4" length                                | <b>Dimensions</b>  | 2-3/4" (70 mm) OD; 1-1/16" (27 mm) ID   |
| <b>Temperature*</b> | Up to 140°F (60°C) for standard cartridges<br>Up to 200°F (93°C) for high-temp cartridges | <b>Shrink wrap</b> | Available in single length 9-3/4" cartridges<br>Add "W" to product code when ordering |

\*Temperature limits vary and depend on pressure and time under load. \*\*For housings and cartridges.

**9-3/4" (248 mm) (For all Harmsco® multi-cartridge filter housings and most other single cartridge filter housings.)**

| Micron | Product Code | Color End Cap | No./Case | Ship.Wt. (lbs) | Ship.Wt. (Kg) | Ctn. Size | List Price |
|--------|--------------|---------------|----------|----------------|---------------|-----------|------------|
| 0.35   | 801-0.35     | Brown         | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | \$11.13    |
| 1      | 801-1        | Tan           | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 8.03       |
| 5      | 801-5        | White         | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 6.83       |
| 10     | 801-10       | Red           | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 6.83       |
| 20     | 801-20       | Blue          | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 6.83       |
| 50     | 801-50       | Yellow        | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 6.83       |
| 100    | 801-100      | Green         | 24       | 11             | 5             | 12x17x11  | 6.83       |

**Harmsco® 9-3/4" (248 mm) wrapped cartridges (Individually shrink wrapped.)**

|      |           |        |    |    |   |          |         |
|------|-----------|--------|----|----|---|----------|---------|
| 0.35 | 801-0.35W | Brown  | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | \$11.50 |
| 1    | 801-1W    | Tan    | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 8.40    |
| 5    | 801-5W    | White  | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.14    |
| 10   | 801-10W   | Red    | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.14    |
| 20   | 801-20W   | Blue   | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.14    |
| 50   | 801-50W   | Yellow | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.14    |
| 100  | 801-100W  | Green  | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.14    |

**Harmsco® 9-3/4" (248 mm) High-Temp cartridges for temperatures to 200°F. (Temperature limits based on pressure and time under load.)**

|    |          |        |    |    |   |          |         |
|----|----------|--------|----|----|---|----------|---------|
| 1  | 801-1HT  | Tan    | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | \$ 8.93 |
| 5  | 801-5HT  | White  | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.67    |
| 20 | 801-20HT | Blue   | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.67    |
| 50 | 801-50HT | Yellow | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | 7.67    |

**Harmsco® 19-1/2" (495 mm) cartridges. (For Harmsco® filter housings requiring "double" length cartridges.)**

|      |          |        |    |    |   |          |         |
|------|----------|--------|----|----|---|----------|---------|
| 0.35 | 921-0.35 | Brown  | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | \$21.21 |
| 1    | 921-1    | Tan    | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | 16.70   |
| 5    | 921-5    | White  | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | 13.97   |
| 10   | 921-10   | Red    | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | 13.97   |
| 20   | 921-20   | Blue   | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | 13.97   |
| 50   | 921-50   | Yellow | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | 13.97   |

**Harmsco® 29-1/4" (743 mm) cartridges. (For Harmsco® filter housings requiring "triple" length cartridges.)**

|      |          |        |    |    |    |          |         |
|------|----------|--------|----|----|----|----------|---------|
| 0.35 | 931-0.35 | Brown  | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | \$36.80 |
| 1    | 931-1    | Tan    | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | 26.72   |
| 5    | 931-5    | White  | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | 25.62   |
| 10   | 931-10   | Red    | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | 25.62   |
| 20   | 931-20   | Blue   | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | 25.62   |
| 50   | 931-50   | Yellow | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | 25.62   |

**Harmsco® 9-3/4" (248 mm) wrapped cartridges. (individually shrink wrapped.)**

|    |        |        |    |    |     |          |         |
|----|--------|--------|----|----|-----|----------|---------|
| 1  | WB-1W  | Tan    | 24 | 10 | 4.5 | 12x17x11 | \$ 6.09 |
| 5  | WB-5W  | White  | 24 | 10 | 4.5 | 12x17x11 | 5.67    |
| 20 | WB-20W | Blue   | 24 | 10 | 4.5 | 12x17x11 | 5.46    |
| 50 | WB-50W | Yellow | 24 | 10 | 4.5 | 12x17x11 | 5.46    |

**Harmsco® 19-1/2" (495 mm) cartridges. (For Harmsco filter housings requiring "double length" cartridges.)**

|    |           |        |    |    |     |          |         |
|----|-----------|--------|----|----|-----|----------|---------|
| 1  | WB-921-1  | Tan    | 24 | 16 | 7.2 | 12x17x21 | \$15.07 |
| 5  | WB-921-5  | White  | 24 | 16 | 7.2 | 12x17x21 | 12.81   |
| 20 | WB-921-20 | Blue   | 24 | 16 | 7.2 | 12x17x21 | 12.81   |
| 50 | WB-921-50 | Yellow | 24 | 16 | 7.2 | 12x17x21 | 12.81   |

**Harmsco® 19-1/4" (743 mm) cartridges. (For Harmsco filter housings requiring "triple length" cartridges.)**

|    |           |        |    |    |    |          |         |
|----|-----------|--------|----|----|----|----------|---------|
| 1  | WB-931-1  | Tan    | 24 | 22 | 10 | 12x17x31 | \$19.79 |
| 5  | WB-931-5  | White  | 24 | 22 | 10 | 12x17x31 | 18.69   |
| 20 | WB-931-20 | Blue   | 24 | 22 | 10 | 12x17x31 | 18.69   |
| 50 | WB-931-50 | Yellow | 24 | 22 | 10 | 12x17x31 | 18.69   |

**Harmsco® 9-3/4" (2-3/4" OD) Standard cartridges.**

|    |          |  |    |    |     |          |         |
|----|----------|--|----|----|-----|----------|---------|
| 10 | HAC-10-W |  | 24 | 14 | 6.3 | 12x17x11 | \$13.97 |
|----|----------|--|----|----|-----|----------|---------|

**Harmsco® 9-3/4" (4-1/2" OD) Calypso Blue cartridges.**

|    |             |  |   |    |     |          |         |
|----|-------------|--|---|----|-----|----------|---------|
| 10 | HAC-BB-10-W |  | 8 | 14 | 6.3 | 10x10x21 | \$37.85 |
|----|-------------|--|---|----|-----|----------|---------|

**Harmsco® 9-3/4" (2-3/4" OD) Activated carbon plus lead removal cartridges.**

|    |             |  |    |    |   |          |         |
|----|-------------|--|----|----|---|----------|---------|
| 10 | HAC-10-LR-W |  | 24 | 18 | 8 | 12x17x11 | \$34.55 |
|----|-------------|--|----|----|---|----------|---------|

**Harmsco® 9-3/4" (2-5/8" OD) Molded, pulverized activated carbon cartridges.**

|    |           |  |    |    |     |          |         |
|----|-----------|--|----|----|-----|----------|---------|
| 10 | WBAC-10-W |  | 30 | 13 | 5.9 | 14x16x11 | \$ 9.24 |
|----|-----------|--|----|----|-----|----------|---------|

**Harmsco® 9-3/4" (2-3/4" OD) Solid block activated carbon cartridges.**

|    |            |  |    |    |     |          |         |
|----|------------|--|----|----|-----|----------|---------|
| 10 | HSBAC-10-W |  | 20 | 13 | 5.9 | 14x16x11 | \$14.23 |
|----|------------|--|----|----|-----|----------|---------|

**Harmsco® 9-3/4" (2-3/4" OD) POLY-PLEAT filter cartridges.**

|   |        |  |    |    |   |          |         |
|---|--------|--|----|----|---|----------|---------|
| 1 | PP-S-1 |  | 24 | 11 | 5 | 12x17x11 | \$18.69 |
|---|--------|--|----|----|---|----------|---------|

**Harmsco® 19-1/2" (2-3/4" OD) POLY-PLEAT filter cartridges.**

|   |        |  |    |    |   |          |         |
|---|--------|--|----|----|---|----------|---------|
| 1 | PP-D-1 |  | 24 | 19 | 9 | 12x17x21 | \$37.33 |
|---|--------|--|----|----|---|----------|---------|

**Harmsco® 29-1/4" (2-3/4" OD) POLY-PLEAT filter cartridges.**

|   |        |  |    |    |    |          |         |
|---|--------|--|----|----|----|----------|---------|
| 1 | PP-T-1 |  | 24 | 28 | 13 | 12x17x31 | \$55.70 |
|---|--------|--|----|----|----|----------|---------|

Fuente: www.harmsco.com

## B.5. FICHAS DE SEGURIDAD.

### B.5.1. Ácido sulfúrico.



## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 1 de 6

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Ó PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD Ó EMPRESA.

#### 1.1. Identificación de la sustancia ó preparado.

ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%

#### 1.2. Uso de la sustancia ó preparado.

- Industria química, tratamiento de aguas, agente regulador de PH, fabricación de fertilizantes, etc.

#### 1.3. Identificación de la sociedad ó empresa.

ACIDEKA, S.A.  
GRAN VÍA, 42 - 1º  
48011 BILBAO  
TLFNO: 94-425.50.22

#### 1.4. Teléfono de emergencias. 945 (33 32 34)

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

| Componente      | Concentración | Nº CAS    | Nº ID (Anexo I) | Nº CE     | Símbolo | Frases R |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|---------|----------|
| Ácido sulfúrico | ≥ 98%         | 7664-93-9 | 016-020-00-8    | 231-639-5 | C       | R-35     |

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

- Sustancia clasificada como peligrosa según la Directiva 67/548/CEE, traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 363/1995.
- Producto corrosivo. Ataca y produce quemaduras graves por ingestión, contacto con la piel, los ojos y las mucosas.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS.

#### 4.1. En caso de contacto con los ojos.

- Lavar inmediatamente con agua abundante durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.
- Avisar a un médico.

#### 4.2. En caso de contacto con la piel.

- Quitar las ropas empapadas del producto y lavar las zonas afectadas con agua abundante y jabón durante al menos 15 minutos.
- Avisar a un médico.

#### 4.3. En caso de inhalación.

- Trasladar al afectado a un lugar ventilado y taponarlo con una manta.
- Si fuera necesario, practicar respiración artificial.
- Avisar a un médico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

*ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%*

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 2 de 6

### 4.4. En caso de ingestión.

- Lavar la boca con abundante agua y beber gran cantidad de la misma.
- No provocar el vómito.
- Avisar a un médico

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

### 5.1. Medios de extinción adecuados.

- No es un producto inflamable. En caso de incendio en los alrededores utilizar polvo químico seco, AFFF, espuma ó dióxido de carbono.

### 5.2. Medios de extinción inapropiados.

- Nunca se usará agua como agente extintor, puesto que se produce una reacción violenta con desprendimiento de calor y proyección de ácido caliente.

### 5.3. Peligros especiales.

- Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores y agua.
- Desprende humos (ó gases) tóxicos ó irritantes en caso de incendio, incluyendo óxidos de azufre derivados de la descomposición térmica.
- Ataca a numerosos metales, con desprendimiento de hidrógeno que es inflamable y forma mezclas explosivas con el aire.
- Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos, con desprendimiento de calor y proyecciones ácidas.

### 5.4. Medidas de protección en caso de intervención.

- Los equipos de intervención deben estar suficientemente protegidos. Se deberá utilizar pantalla facial, gafas, botas, traje antiácido y, en caso necesario, equipo de respiración autónoma.

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

- Evitar que el producto llegue a cauces públicos ó alcantarillado. En caso contrario, avisar inmediatamente a las autoridades competentes.

### 6.1. Recogida.

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto. Si esto no fuera posible, absorber con tierra ó arena y someter el absorbente a posterior tratamiento (no absorber con serrín ni otros materiales combustibles).

### 6.2. Eliminación.

- Neutralizar el derrame con carbonato sódico o bicarbonato sódico.
- Esta operación debe realizarse por personal especializado (ver sección 13).

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

### 7.1. Manipulación.

- Utilizar las medidas de protección indicadas (ver sección 8), no fumar, comer ó beber mientras se manipula el producto. No manipular ni almacenar el producto junto ó a la vez que productos básicos, oxidantes, sustancias reductoras y combustibles.
- Para el trasvase emplear bombas de polipropileno y conducciones de VITÓN.





## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 3 de 6

### 7.2. Almacenamiento.

- Almacenar lejos de productos reactivos, en un lugar bien ventilado, alejado de fuentes de calor y evitar la incidencia directa de la radiación solar.
- Almacenar en depósitos de acero al carbono ó acero inoxidable. Evitar cobre, zinc y níquel.
- Pequeñas cantidades pueden ser almacenadas en recipientes de plásticos especiales.
- Se recomienda cubeto de retención para fugas de producto.

### 7.3. Usos específicos.

- Para toda utilización particular consultar al proveedor.

## 8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

### 8.1. Valores límite de la exposición.

- \*VLA-ED (TLV-TWA): 1 mg/m<sup>3</sup>.
- \*VLA-EC (TLV-STEL): 3 mg/m<sup>3</sup>.

(\* Datos correspondientes al producto puro).

### 8.2. Controles de la exposición.

- Respetar las medidas mencionadas en la sección 7.

#### 8.2.1. Controles de la exposición profesional.

##### 8.2.1.1. Protección respiratoria.

- En presencia de aerosoles / vapores / nieblas, utilizar máscara con filtro combinado EP2 ó EP3.

##### 8.2.1.2. Protección de las manos.

- Usar guantes de protección de resistencia química de neopreno, goma de nitrilo, cloruro de polivinilo, goma de estireno-butadieno, vitón, etc.

##### 8.2.1.3. Protección de los ojos.

- Usar gafas cerradas tipo motorista y, en caso de peligro de proyecciones, pantalla facial.

##### 8.2.1.4. Protección cutánea.

- En caso de peligro de proyecciones utilizar buzo ó traje antiácido.

#### 8.2.2. Controles de la exposición del medioambiente.

- Respetar las reglamentaciones locales y nacionales.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

### 9.1. Información general.

Estado físico: Líquido aceitoso.  
Color: Incoloro.  
Olor: Ligeramente picante.



## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 4 de 6

### 9.2. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medioambiente.

|  |   |
|--|---|
| PH: Muy ácido (0).                     | Densidad: 1,84 g/cm <sup>3</sup> a 15°C.  |
| Punto de ebullición: 328°C (aprox.).   | Solubilidad: Soluble en agua en todas las proporciones. Soluble en alcohol etílico. |
| Punto de inflamación: No le aplica.    | Coefficiente de reparto n-octanol/agua: No le aplica.                               |
| Límite de explosión: No le aplica.     | Viscosidad: 25 c.p.s. a 20°C.   |
| Propiedades comburentes: No le aplica. | Densidad de vapor: 3,4 (aire=1).  |
| Presión de vapor: 1 mm Hg a 146°C.     | Velocidad de evaporación: No evaluado.  |

### 9.3. Otros datos.

Punto de fusión: 3°C (aprox.).  
Temperatura de descomposición: > 340°C.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

### 10.1. Condiciones que deben evitarse.

- Producto estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento y manipulación.

### 10.2. Materias que deben evitarse.

- Reacciona violentamente con el agua (en caso de mezclas añadir siempre el ácido sobre el agua).
- Reacciona violentamente con productos básicos, agentes reductores, oxidantes, compuestos orgánicos nitrogenados, permanganato potásico, percloratos y metales.
- Al contacto con metales libera hidrógeno (gas inflamable y explosivo).

### 10.3. Productos de descomposición peligrosos.

- Por calentamiento se descompone formando gases tóxicos e irritantes de óxidos de azufre.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

### 11.1. Efectos por inhalación.

- Provoca irritación de garganta, edema de laringe, bronquitis, neumonitis y edema pulmonar.

### 11.2. Efectos por ingestión.

- Provoca erosión dental, quemaduras de boca y garganta, vómitos de sangre y tejidos.
- Es probable la perforación del tracto intestinal.

### 11.3. Efectos por contacto con la piel.

- Provoca dermatitis, quemaduras y ulceración de la piel.

### 11.4. Efectos por contacto con los ojos.

- Provoca conjuntivitis y necrosis corneal, pudiendo causar lesiones de carácter permanente.



## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 5 de 6

### 11.5. Otros datos.

- No hay evidencia de efectos cancerígenos, mutagénicos ó tóxicos para la reproducción.
- \*LD50: 2140 mg/kg (oral-rata).
- \*LC50: 510 mg/m<sup>3</sup> (2h-rata).

(\* Datos correspondientes al producto puro).

### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

- Peligroso para la vida acuática y plantas en muy pequeñas concentraciones. Efecto perjudicial por desviación de PH.  
\*Toxicidad acuática: LC50 (agua dulce): 24,5 ppm / 24 horas (agulla azul).  
LC50 (agua salada): 42,5 ppm /48 horas (gamba).

- DBO: Ninguna.
- No hay evidencia de peligro de transmisión en la cadena de alimentación.

(\*Datos correspondientes al producto puro).

### 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.

- Dependiendo del proceso seguido con el producto, los residuos producidos, si los hay, deben ser convenientemente caracterizados y tratados.
- Caso de que estos residuos se consideren especiales ó peligrosos, deberán ser gestionados por empresas debidamente autorizadas (Gestores de Residuos).
- Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales ó nacionales vigentes.

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

|  |                        |
|--|------------------------|
| <i>¿Es mercancía peligrosa acogida a la reglamentación ADR?.</i> | Si                     |
| <i>Nº ONU.</i>   | 1830                   |
| <i>Clase y grupo de embalaje.</i>                                | 8, II                  |
| <i>Nombre.</i>   | Ácido sulfúrico 98-99% |
| <i>Nº identificación del peligro.</i>                            | 80                     |
| <i>Etiquetas de peligro (Transporte).</i>                        | 8 – Corrosivo          |

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

#### 15.1. Riesgos específicos (Frasas R).

- R-35: Provoca quemaduras graves.

#### 15.2. Consejos de prudencia (Frasas S).

- S-1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S-26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S-30: No echar jamás agua al producto.
- S-45: En caso de accidente ó malestar, acúdase inmediatamente al médico (Si es posible, muéstrele la etiqueta).

#### 15.3. Etiquetas de peligro (Envasado).

- C – Corrosivo.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 71

*ÁCIDO SULFÚRICO 98-99%*

Revisión: 3  
Fecha: 18.03.03  
Página: 6 de 6

### 16. OTRAS INFORMACIONES.

**Bibliografía:**

Hazardous Chemicals Data Book – G. Weiss  
Hazard Data Sheets - BDH  
Diccionario de Química y Productos Químicos – Gessner G. Hawley  
Páginas WEB (INSHT, ACGIH, ...)

- La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.
- Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.
- El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Esta Ficha de Seguridad se basa en la normativa publicada en la Directiva 2001/58/CE de veintisiete de julio, traspuesta parcialmente en el Real Decreto 99/2003, en la que se regula la elaboración de las fichas de seguridad de los preparados y sustancias peligrosas.
- La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.
- Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

## B.5.2. Bisulfito de sodio.



**ACIDEKA**

### FICHA DE SEGURIDAD Nº 91

*BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN*

Revisión: 3  
Fecha: 09.01.04  
Página: 1 de 5

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Ó PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD Ó EMPRESA.

##### 1.1. Identificación de la sustancia ó preparado.

**BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN**

##### 1.2. Uso de la sustancia ó preparado.

- Industria papelera y depuración de aguas.

##### 1.3. Identificación de la sociedad ó empresa.

ACIDEKA, S.A.  
GRAN VÍA, 42 - 1º  
48011 BILBAO  
TLFNO: 94-425.50.22

##### 1.4. Teléfono de emergencias. **945 (33 32 34)**

#### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

| Componente       | Concentración | Nº CAS    | Nº ID (Anexo I) | Nº CE     | Símbolo        | Frases R   |
|------------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|----------------|------------|
| Bisulfito sódico | ≥34%          | 7631-90-5 | 016-064-00-8    | 231-548-0 | X <sub>n</sub> | R-22, R-31 |

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

- Preparado clasificado como peligroso según la Directiva 1999/45/CE, traspuesta parcialmente a la legislación española mediante el Real Decreto 255/2003.
- Nocivo por ingestión.
- En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS.

##### 4.1. En caso de contacto con los ojos.

- Lavar con agua abundante durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.

##### 4.2. En caso de contacto con la piel.

- Quitar las ropas empapadas del producto y lavar las zonas afectadas con agua abundante.

##### 4.3. En caso de inhalación.

- Trasladar al afectado a un lugar ventilado.
- Si la exposición ha sido prolongada avisar a un médico.

##### 4.4. En caso de ingestión.

- Beber abundante agua. Provocar el vómito si es necesario.
- Requerir inmediatamente atención médica.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 91

*BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN*

Revisión: 3  
Fecha: 09.01.04  
Página: 2 de 5

### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

#### 5.1. Medios de extinción adecuados.

- Producto no inflamable. Aplicar los medios de extinción adecuados al fuego producido.

#### 5.2. Medios de extinción inapropiados.

- No se conocen medios de extinción inadecuados.

#### 5.3. Peligros especiales.

- En caso de incendio desprende gases de combustión peligrosos y por descomposición térmica libera SO<sub>2</sub>.
- En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

#### 5.4. Medidas de protección en caso de intervención.

- Los equipos de intervención deben llevar equipo químico completo y equipo de respiración autónomo debido a la liberación de SO<sub>2</sub>.

### 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

- Evitar que el producto llegue a cauces públicos ó alcantarillado. En caso contrario, avisar inmediatamente a las autoridades competentes.

#### 6.1. Recogida.

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto. Si esto no fuera posible, absorber con tierra ó arena y someter el absorbente a posterior tratamiento.

#### 6.2. Eliminación.

- Conviene diluir con agua y neutralizar posteriormente con una base débil.
- Esta operación debe realizarse por personal especializado (ver sección 13).

### 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

#### 7.1. Manipulación.

- Utilizar las medidas de protección indicadas (ver sección 8), no fumar, comer ó beber mientras se manipula el producto. Manipular en lugares ventilados, lejos de productos ácidos y oxidantes.

#### 7.2. Almacenamiento.

- Almacenar lejos de productos reactivos (ácidos y oxidantes), en un lugar bien ventilado y alejado de fuentes de calor.

#### 7.3. Usos específicos.

- Para toda utilización particular consultar al proveedor.

### 8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

#### 8.1. Valores límite de la exposición.

- \*VLA-ED (TLV-TWA): 5 mg/m<sup>3</sup>.

(\* Datos correspondientes al producto puro).



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 91

*BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN*

Revisión: 3  
Fecha: 09.01.04  
Página: 3 de 5

### 8.2. Controles de la exposición.

- Respetar las medidas mencionadas en la sección 7.

#### 8.2.1. Controles de la exposición profesional.

##### 8.2.1.1. Protección respiratoria.

- Usar mascarilla respiratoria adecuada.

##### 8.2.1.2. Protección de las manos.

- Usar guantes de neopreno, butilo, PVC ó caucho natural.

##### 8.2.1.3. Protección de los ojos.

- Utilizar gafas cerradas tipo motorista.

##### 8.2.1.4. Protección cutánea.

- Si existe riesgo de proyecciones muy grandes usar buzo ó traje antiácido.

#### 8.2.2. Controles de la exposición del medioambiente.

- Respetar las reglamentaciones locales y nacionales.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

### 9.1. Información general.

Estado físico: Líquido.

Color: Amarillento.

Olor: Penetrante.

### 9.2. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medioambiente.

PH: Ligeramente ácido (4-5).

Punto de ebullición: 146°C (al 39%).

Punto de inflamación: No le aplica.

Límite de explosión: No le aplica.

Propiedades comburentes: No le aplica.

Presión de vapor: 40 hPa 20°C (al 39%).

Densidad: 1,31 g/cm<sup>3</sup> a 20°C.

Solubilidad: Soluble en agua en todas las proporciones.

Coefficiente de reparto n-octanol/agua: No le aplica.

Viscosidad: No evaluado.

Densidad de vapor: No evaluado.

Velocidad de evaporación: No evaluado.

### 9.3. Otros datos.

Punto de fusión: 1°C (al 39%).

Temperatura de descomposición: >150°C.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 91

*BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN*

Revisión: 3  
Fecha: 09.01.04  
Página: 4 de 5

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

#### 10.1. Condiciones que deben evitarse.

- Producto estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento y manipulación.

#### 10.2. Materias que deben evitarse.

- En contacto con ácidos fuertes libera  $\text{SO}_2$ .
- Reacciona violentamente con sustancias oxidantes.

#### 10.3. Productos de descomposición peligrosos.

- Por calentamiento puede descomponerse liberando  $\text{SO}_2$ .

### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

#### 11.1. Efectos por inhalación.

- Puede irritar las fosas nasales y el sistema respiratorio.
- La exposición prolongada puede provocar náuseas y vómitos.

#### 11.2. Efectos por ingestión.

- Causa irritación del estómago. En cantidades importantes causa cólicos violentos, diarrea y depresión.

#### 11.3. Efectos por contacto con la piel.

- El contacto prolongado irrita la piel.

#### 11.4. Efectos por contacto con los ojos.

- Puede provocar conjuntivitis y quemaduras.

#### 11.5. Otros datos.

- No hay evidencia de efectos cancerígenos, mutagénicos ó tóxicos para la reproducción.
- \*LD50: 1540 mg/kg (oral, rata)

(\* Datos correspondientes al producto puro).

### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

- Peligroso para la vida acuática y las plantas en concentraciones apreciables. El producto no se acumula ni es persistente en el medio ambiente ya que es degradado por el oxígeno y el anhídrido carbónico del aire a sulfato y bicarbonato sódico.

\*Toxicidad acuática: LC50 (agua dulce): 240 ppm / 24, 48 y 96 horas (pez mosquito).  
LC50: 200 mg/l (48 horas-Leuciscus idus).

- DBO: Ninguna.
- No hay evidencia de peligro de transmisión en la cadena de alimentación.

(\*Datos correspondientes al producto puro).





**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 91

*BISULFITO SÓDICO DISOLUCIÓN*

Revisión: 3  
Fecha: 09.01.04  
Página: 5 de 5

### 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.

- Dependiendo del proceso seguido con el producto, los residuos producidos, si los hay, deben ser convenientemente caracterizados y tratados.
- Caso de que estos residuos se consideren especiales ó peligrosos, deberán ser gestionados por empresas debidamente autorizadas (Gestores de Residuos).
- Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales ó nacionales vigentes.

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

|  |   |
|--|---|
| <i>¿Es mercancía peligrosa acogida a la reglamentación ADR?.</i> | Si  |
| <i>Nº ONU.</i>   | 2693  |
| <i>Clase y grupo de embalaje.</i>                                | 8, III                                      |
| <i>Nombre.</i>   | Hidrogenosulfito en solución acuosa, n.e.p. |
| <i>Nº identificación del peligro.</i>                            | 80  |
| <i>Etiquetas de peligro (Transporte).</i>                        | 8 – Corrosivo                               |

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

#### 15.1. Riesgos específicos (Frasas R).

- R-22: Nocivo por ingestión.
- R-31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

#### 15.2. Consejos de prudencia (Frasas S).

- S-2: Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S-25: Evítese el contacto con los ojos.
- S-46: En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta ó el envase.

#### 15.3. Etiquetas de peligro (Envasado).

- X<sub>n</sub> – nocivo.

### 16. OTRAS INFORMACIONES.

#### Bibliografía:

Hazardous Chemicals Data Book – G. Weiss  
Hazard Data Sheets - BDH  
Diccionario de Química y Productos Químicos – Gessner G. Hawley  
Páginas WEB (INSHT, ACGIH...)

- La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.
- Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.
- El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Esta Ficha de Seguridad se basa en la normativa publicada en la Directiva 2001/58/CE de veintisiete de julio, traspuesta parcialmente en el Real Decreto 99/2003, en la que se regula la elaboración de las fichas de seguridad de los preparados y sustancias peligrosas.
- La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.
- Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

### B.5.3. Cloruro Férrico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

*CLORURO FÉRRICO*

Revisión: 1  
Fecha: 18.03.03  
Página: 1 de 5

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Ó PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD Ó EMPRESA.

#### 2.0. Identificación de la sustancia ó preparado.

**CLORURO FÉRRICO**

#### 3.0. Uso de la sustancia ó preparado.

- Tratamiento de aguas.

#### 4.0. Identificación de la sociedad ó empresa.

ACIDEKA, S.A.  
GRAN VÍA, 42 - 1º  
48011 BILBAO  
TLFNO: 94-425.50.22

#### 5.0. Teléfono de emergencias. **945 (33 32 34)**

### 6. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

| Componente      | Concentración | Nº CAS    | Nº ID (Anexo I) | Nº EINECS | Símbolo | Frases R |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|---------|----------|
| Cloruro Férrico | ≥ 39%         | 7705-08-0 | --              | 231-729-4 | C       | R-34     |

### 7. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

- Sustancia no recogida en la Directiva 67/548/CEE, traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 363/1995.
- Producto corrosivo. Ataca y produce quemaduras por ingestión, contacto con la piel y los ojos. Puede provocar irritación de las vías respiratorias.

### 8. PRIMEROS AUXILIOS.

#### 9.0. En caso de contacto con los ojos.

- Lavar con agua abundante durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.
- Si persiste el malestar, avisar a un médico.

#### 10.0. En caso de contacto con la piel.

- Quitar las ropas empapadas del producto y lavar las zonas afectadas con agua abundante.
- Si persiste el malestar, avisar a un médico.

#### 11.0. En caso de inhalación.

- Trasladar al afectado a un lugar ventilado y tapar con una manta.
- Si tardara en recuperarse, avisar a un médico.

#### 12.0. En caso de ingestión.

- Lavar la boca con agua abundante y dar a beber gran cantidad de agua.
- Avisar a un médico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

*CLORURO FÉRRICO*

Revisión: 1  
Fecha: 18.03.03  
Página: 2 de 5

### 13. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

#### 14.0. Medios de extinción adecuados.

- No es un producto inflamable. Aplicar los medios de extinción adecuados al fuego producido.

#### 15.0. Medios de extinción inapropiados.

- No se conocen medios de extinción inapropiados.

#### 16.0. Peligros especiales.

- Formación de gases / vapores peligrosos en caso de descomposición (ver sección 10).
- Desprende gases inflamables al contacto con ciertos metales (ver sección 10).

#### 17.0. Medidas de protección en caso de intervención.

- Traje de protección química y equipo de respiración autónomo.

### 18. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

- Evitar que el producto llegue a cauces públicos ó alcantarillado. En caso contrario, avisar inmediatamente a las autoridades competentes.

#### 19.0. Recogida.

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto. Si esto no fuera posible, absorber con tierra ó arena y someter el absorbente a posterior tratamiento.

#### 20.0. Eliminación.

- Diluir con agua y neutralizar con un producto ligeramente básico (bicarbonato sódico ó carbonato sódico).
- Esta operación debe realizarse por personal especializado (ver sección 13).

### 21. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

#### 7.1. Manipulación.

- Utilizar las medidas de protección indicadas (ver sección 8), no fumar, comer ó beber mientras se manipula el producto.
- Manipular en un lugar bien ventilado, lejos de fuentes de calor y de productos reactivos (ver sección 10).

#### 1.0. Almacenamiento.

- Almacenar lejos de productos reactivos (ver sección 10), en un lugar bien ventilado, alejado de fuentes de calor y evitar la incidencia directa de la radiación solar.
- Almacenar en depósitos de PVC, polipropileno, polietileno ó material plástico general. Evitar recipientes metálicos.

#### 1.0. Usos específicos.

- Para toda utilización particular consultar al proveedor.

### 2. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

#### 1.0. Valores límite de la exposición.

- \*VLA-ED (TLV-TWA): 1 mg/m<sup>3</sup> (como Fe).



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

*CLORURO FÉRRICO*

Revisión: 1  
Fecha: 18.03.03  
Página: 3 de 5

### **2.0. Controles de la exposición.**

- Respetar las medidas mencionadas en la sección 7.

#### **1.0.0. Controles de la exposición profesional.**

##### **1.0.0.0. Protección respiratoria.**

- En caso de descomposición (ver sección 10) utilizar máscara facial adecuada.
- Frente a emanaciones importantes no controladas emplear equipo de respiración autónomo.

##### **2.0.0.0. Protección de las manos.**

- Usar guantes de caucho, neopreno ó un material plástico en general.

##### **3.0.0.0. Protección de los ojos.**

- Usar gafas cerradas tipo motorista.

##### **4.0.0.0. Protección cutánea.**

- En caso de peligro de proyecciones utilizar buzo ó traje antiácidos.

#### **2.0.0. Controles de la exposición del medioambiente.**

- Respetar las reglamentaciones locales y nacionales.

## **2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.**

### **1.0. Información general.**

Estado físico: Líquido.  
Color: Pardo rojizo.  
Olor: Picante.

### **1.0. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el Medio ambiente.**

PH:  $\cong$  1.  
Punto de ebullición: 106°C.

Punto de inflamación: No le aplica.  
Límite de explosión: No le aplica.  
Propiedades comburentes: No le aplica.  
Presión de vapor: No evaluado.

Densidad: 1,41 g/cm<sup>3</sup> a 20°C.  
Solubilidad: Totalmente soluble en agua y en disolventes orgánicos usuales (alcohol, éter, metanol...).  
Coeficiente de reparto n-octanol/agua: No le aplica.  
Viscosidad: 13 mPa. a 20°C.  
Densidad de vapor: >1 (aire = 1).  
Velocidad de evaporación: No evaluado.

### **2.0. Otros datos.**

Punto de fusión: - 10°C.  
Temperatura de descomposición: 70°C.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

*CLORURO FÉRRICO*

Revisión: 1  
Fecha: 18.03.03  
Página: 4 de 5

### 3. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

#### 1.0. Condiciones que deben evitarse.

- Producto estable en condiciones normales de manipulación y almacenamiento.

#### 2.0. Materias que deben evitarse.

- Dado que es un producto ácido se evitará el contacto con productos básicos, en especial las bases fuertes, debido al carácter exotérmico de las reacciones.
- Al contacto con ciertos metales desprende hidrógeno (gas inflamable y explosivo).
- Puede reaccionar violentamente con potasio y sodio metálico.
- Evitar agentes oxidantes.

#### 3.0. Productos de descomposición peligrosos.

- Cloro, hidrógeno y ácido clorhídrico.

### 4. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

#### 1.0. Efectos por inhalación.

- Puede provocar irritación de las vías respiratorias.

#### 2.0. Efectos por ingestión.

- Provoca náuseas, vómitos y quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago.

#### 3.0. Efectos por contacto con la piel.

- Provoca quemaduras.

#### 4.0. Efectos por contacto con los ojos.

- Provoca quemaduras, conjuntivitis y, en grandes cantidades, ulceración.

#### 5.0. Otros datos.

- No hay evidencia de efectos cancerígenos, mutagénicos ó tóxicos para la reproducción.
- \*LD50: 0,5 – 5 g/kg (ingestión-rata).

(\* Datos correspondientes al producto puro).

### 5. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

- Peligroso para la vida acuática.  
\*Toxicidad acuática:  
TLM (agua dulce): 15 ppm/96 horas (daphnia).
- DBO: Ninguna.
- No hay evidencia de peligro de transmisión en la cadena de alimentación.

(\*Datos correspondientes al producto puro).



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 111

*CLORURO FÉRRICO*

Revisión: 1  
Fecha: 18.03.03  
Página: 5 de 5

### 6. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.

- Dependiendo del proceso seguido con el producto, los residuos producidos, si los hay, deben ser convenientemente caracterizados y tratados.
- Caso de que estos residuos se consideren especiales ó peligrosos, deberán ser gestionados por empresas debidamente autorizadas (Gestores de Residuos).
- Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales ó nacionales vigentes.

### 7. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| <i>¿Es mercancía peligrosa acogida a la reglamentación ADR?.</i> | Si                                 |
| <i>Nº ONU.</i>   | 2582                               |
| <i>Clase y grupo de embalaje.</i>                                | 8, III                             |
| <i>Nombre.</i>   | Cloruro de hierro III, en solución |
| <i>Nº identificación del peligro.</i>                            | 80                                 |
| <i>Etiquetas de peligro (Transporte).</i>                        | 8 – Corrosivo                      |

### 8. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

#### 1.0. Riesgos específicos (Frasas R).

- R-34: Provoca quemaduras.

#### 2.0. Consejos de prudencia (Frasas S).

- S-26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S-36/37/39: Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos y la cara.

#### 3.0. Etiquetas de peligro (Envasado).

- C – Corrosivo.

### 9. OTRAS INFORMACIONES.

#### Bibliografía:

Hazardous Chemicals Data Book – G. Weiss  
Hazard Data Sheets - BDH  
Diccionario de Química y Productos Químicos – Gessner G. Hawley  
Páginas WEB (INSHT, ACGIH, ...)

- La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.
- Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.
- El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Esta Ficha de Seguridad se basa en la normativa publicada en la Directiva 2001/58/CE de veintisiete de julio, traspuesta parcialmente en el Real Decreto 99/2003, en la que se regula la elaboración de las fichas de seguridad de los preparados y sustancias peligrosas.
- La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.
- Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

### B.5.4. Hidróxido Cálcico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD N° 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 1 de 6

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Ó PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD Ó EMPRESA.

#### 1.1. Identificación de la sustancia ó preparado.

**HIDRÓXIDO CÁLCICO**

#### 1.2. Uso de la sustancia ó preparado.

- Tratamiento de aguas, medicina, alimentación, fabricación de papel, pesticidas, materiales para pavimentos.

#### 1.3. Identificación de la sociedad ó empresa.

ACIDEKA, S.A.  
GRAN VÍA, 42 - 1º  
48011 BILBAO  
TLFNO: 94-425.50.22

#### 1.4. Teléfono de emergencias. **945 (33 32 34)**

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

| Componente        | Concentración | N° CAS    | N° ID (Anexo I) | N° EINECS | Símbolos | Frases R            |
|-------------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|----------|---------------------|
| Hidróxido cálcico | ≥ 90%         | 1305-62-0 | --              | 215-137-3 | Xi       | R-36, R-37,<br>R-38 |

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

- Sustancia no recogida en la Directiva 67/548/CEE, traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 363/1995.
- Producto irritante. Irrita la piel, las vías respiratorias y los ojos.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS.

#### 4.1. En caso de contacto con los ojos.

- Lavar inmediatamente con agua abundante durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.
- Avisar a un médico.

#### 4.2. En caso de contacto con la piel.

- Quitar las ropas manchadas del producto y lavar las zonas afectadas con agua abundante y jabón.
- Si persisten las molestias, avisar a un médico.

#### 4.3. En caso de inhalación.

- Trasladar al afectado a un lugar bien ventilado, mantenerlo en reposo y tapanlo con una manta.
- Si tarda en recuperarse, avisar a un médico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 2 de 6

### 4.4. En caso de ingestión.

- Lavar la boca con agua abundante y dar a beber gran cantidad de la misma ó ingerir leche.
- No provocar el vómito.
- Avisar a un médico.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

### 5.1. Medios de extinción adecuados.

- No es un producto inflamable ni explosivo. Aplicar los medios de extinción adecuados al fuego producido.

### 5.2. Medios de extinción inapropiados.

- No se conocen medios de extinción inadecuados.

### 5.3. Peligros especiales.

- Desprende humos (ó gases) tóxicos en caso de incendio (óxidos de calcio).
- Reacción exotérmica al contacto con el agua y ácidos. Se puede generar suficiente calor como para producir la ignición de sustancias combustibles.

### 5.4. Medidas de protección en caso de intervención.

- Los equipos de intervención deben estar suficientemente protegidos. Se deberá utilizar traje de protección química y equipo de respiración autónomo.

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

- Evitar que el producto llegue a cauces públicos ó alcantarillado. En caso contrario, avisar inmediatamente a las autoridades competentes.

### 6.1. Recogida.

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto.
- Recoger el producto con ayuda de medios mecánicos evitando, en la medida de lo posible, la formación de polvo.
- Recoger el producto en recipientes adecuados, cerrados y debidamente etiquetados.
- Limpiar los restos de la zona con abundante agua.

### 6.2. Eliminación.

- Esta operación debe realizarse por personal especializado (ver sección 13).

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

### 7.1. Manipulación.

- Utilizar las medidas de protección indicadas (ver sección 8), no fumar, comer ó beber mientras se manipula el producto.
- Manipular en lugares ventilados y lejos de sustancias reactivas (ver sección 10), evitando, en la medida de lo posible, la formación de polvo.

### 7.2. Almacenamiento.

- Almacenar lejos de productos reactivos (ver sección 10), en un lugar seco y bien ventilado.
- Almacenar en recipientes bien cerrados y evitar ambientes húmedos, ya que absorbe agua del aire (producto higroscópico), generándose calor.
- Almacenar a temperaturas cercanas a los 25°C.





**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 3 de 6

### 7.3. Usos específicos.

- Para toda utilización particular consultar al proveedor.

## 8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

### 8.1. Valores límite de la exposición.

- \*VLA-ED (TLV-TWA): 5 mg/m<sup>3</sup>.

(\* Datos correspondientes al producto puro).

### 8.2. Controles de la exposición.

- Respetar las medidas mencionadas en la sección 7.

#### 8.2.1. Controles de la exposición profesional.

##### 8.2.1.1. Protección respiratoria.

- Utilizar mascarilla protectora adecuada para partículas de polvo.

##### 8.2.1.2. Protección de las manos.

- Usar guantes de protección de resistencia química estancos de PVC, neopreno ó caucho.

##### 8.2.1.3. Protección de los ojos.

- Usar gafas cerradas tipo motorista.

##### 8.2.1.4. Protección cutánea.

- En caso de peligro de proyecciones, utilizar buzo ó traje de protección química.

#### 8.2.2. Controles de la exposición del medioambiente.

- Respetar las reglamentaciones locales y nacionales.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

### 9.1. Información general.

Estado físico: Sólido (polvo), higroscópico.

Color: Blanco.

Olor: Inodoro.

### 9.2. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medioambiente.

PH: 12,5 (solución saturada).

Punto de ebullición: No le aplica.

Punto de inflamación: No le aplica.

Límite de explosión: No le aplica.

Propiedades comburentes: No le aplica.

Presión de vapor: No evaluado.

Densidad: 0,40 gr/cc a 20°C (densidad aparente).

Solubilidad: Soluble en agua (1730 mg/l a 20°C), glicerol, soluciones de azúcar y ácidos. Insoluble en alcohol.

Coefficiente de reparto n-octanol/agua: No le aplica.

Viscosidad: No le aplica.

Densidad de vapor: No evaluado.

Velocidad de evaporación: No evaluado.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 4 de 6

### 9.3. Otros datos.

Punto de fusión: 580°C (descompone).

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

### 10.1. Condiciones que deben evitarse.

- Producto estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento y manipulación.

### 10.2. Materias que deben evitarse.

- Se muestra corrosivo para determinados metales con liberación de hidrógeno (gas inflamable y explosivo).
- Reacciona violentamente con los ácidos, con desprendimiento de calor.
- Evitar ambientes húmedos y el contacto con el agua (producto higroscópico).
- Evitar el contacto con el aire ya que absorbe con cierta rapidez CO<sub>2</sub>, transformándose en carbonato cálcico.

### 10.3. Productos de descomposición peligrosos.

- En caso de incendio y/o descomposición térmica emite humos tóxicos (óxidos de calcio).

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

### 11.1. Efectos por inhalación.

- Provoca irritación, tos, estornudos, dolor de garganta.
- En caso de exposiciones prolongadas puede provocar quemaduras del tracto respiratorio y neumonitis.

### 11.2. Efectos por ingestión.

- Provoca irritación de boca y del tracto gastrointestinal.
- Puede provocar diarrea, náuseas y vómitos.

### 11.3. Efectos por contacto con la piel.

- Provoca irritación de la piel.
- En caso de contactos prolongados, puede provocar dermatitis.

### 11.4. Efectos por contacto con los ojos.

- Provoca irritación y conjuntivitis.

### 11.5. Otros datos.

- No hay evidencia de efectos cancerígenos, mutagénicos ó tóxicos para la reproducción.
- \*LC50: 7340 mg/kg (oral – rata).

(\* Datos correspondientes al producto puro).

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

- Peligroso para la vida acuática y las plantas en general a causa de la elevación del PH que produce.

Toxicidad acuática:

TLM (agua dulce): 240 ppm/24 horas (pez mosquito).

- DBO: Ninguna.
- No hay evidencia de peligro de transmisión en la cadena de alimentación.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 5 de 6

### 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.

- Dependiendo del proceso seguido con el producto, los residuos producidos, si los hay, deben ser convenientemente caracterizados y tratados.
- Caso de que estos residuos se consideren especiales ó peligrosos, deberán ser gestionados por empresas debidamente autorizadas (Gestores de Residuos).
- Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales ó nacionales vigentes.

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

|  |    |
|--|----|
| <i>¿Es mercancía peligrosa acogida a la reglamentación ADR?.</i> | No |
| <i>Nº ONU.</i>   | -- |
| <i>Clase y grupo de embalaje.</i>                                | -- |
| <i>Nombre.</i>   | -- |
| <i>Nº identificación del peligro.</i>                            | -- |
| <i>Etiquetas de peligro (Transporte).</i>                        | -- |

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

#### 15.1. Riesgos específicos (Frases R).

- R-36: Irrita los ojos.
- R-37: Irrita las vías respiratorias.
- R-38: Irrita la piel.

#### 15.2. Consejos de prudencia (Frases S).

- S-2: Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S-8: Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S-24: Evítese el contacto con la piel.
- S-25: Evítese el contacto con los ojos.
- S-26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S-38: En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S-39: Úsese protección para los ojos /cara.

#### 15.3. Etiquetas de peligro (Envasado).

- Xi – Irritante.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 721

*HIDRÓXIDO CÁLCICO*

Revisión: 2  
Fecha: 18.03.03  
Página: 6 de 6

### 16. OTRAS INFORMACIONES.

**Bibliografía:**

Hazardous Chemicals Data Book – G. Weiss  
Hazard Data Sheets – BDH  
Diccionario de Química y Productos Químicos – Gessner G. Hawley  
Páginas WEB (INSHT, ACGIH...)

- La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.
- Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.
- El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Esta Ficha de Seguridad se basa en la normativa publicada en la Directiva 2001/58/CE de veintisiete de julio, traspuesta parcialmente en el Real Decreto 99/2003, en la que se regula la elaboración de las fichas de seguridad de los preparados y sustancias peligrosas.
- La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.
- Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

### B.5.5. Hipoclorito sódico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD N° 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 1 de 6

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Ó PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD Ó EMPRESA.

#### 1.1. Identificación de la sustancia ó preparado.

**HIPOCLORITO SÓDICO**

#### 1.2. Uso de la sustancia ó preparado.

- Depuración de aguas, blanqueante doméstico (lejía), industria textil y papelera, etc.

#### 1.3. Identificación de la sociedad ó empresa.

ACIDEKA, S.A.  
GRAN VÍA, 42 - 1º  
48011 BILBAO  
TLFNO: 94-425.50.22

#### 1.4. Teléfono de emergencias. **945 (33 32 34)**

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

| Componente         | Concentración               | N° CAS    | N° ID (Anexo I) | N° CE     | Símbolo | Frases R   |
|--------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|-----------|---------|------------|
| Hipoclorito sódico | ≥ 161 g/l como cloro activo | 7681-52-9 | 017-011-00-1    | 231-668-3 | C       | R-31, R-34 |

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

- Sustancia clasificada como peligrosa según la Directiva 67/548/CEE, traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 363/1995.
- Producto oxidante y corrosivo (cáustico). Produce quemaduras por ingestión, contacto con la piel, los ojos y las mucosas.
- En contacto con ácidos se descompone liberando cloro, gas tóxico y corrosivo que irrita las mucosas, pudiendo llegar a la asfixia.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS.

#### 4.1. En caso de contacto con los ojos.

- Lavar con agua abundante durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.
- Avisar a un médico.

#### 4.2. En caso de contacto con la piel.

- Quitar las ropas empapadas del producto bajo la ducha y lavar las zonas afectadas con agua abundante.
- Si es necesario, avisar a un médico.

#### 4.3. En caso de inhalación.

- Trasladar al afectado a un lugar ventilado y tapanlo con una manta.
- Si fuese necesario, hacer respiración artificial ó administrar oxígeno a baja presión por servicios médicos.
- Avisar a un médico.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD N° 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 2 de 6

### 4.4. *En caso de ingestión.*

- Lavar la boca con agua abundante y dar a beber gran cantidad de la misma ó leche.
- No provocar el vómito.
- Avisar a un médico.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

### 5.1. *Medios de extinción adecuados.*

- Producto no inflamable. Utilizar los medios adecuados al tipo de fuego producido.

### 5.2. *Medios de extinción inapropiados.*

- No se conocen medios de extinción inadecuados.

### 5.3. *Peligros especiales.*

- Desprende humos (ó gases) tóxicos y corrosivos en caso de incendio, incluyendo óxidos de sodio y cloro derivado de la descomposición térmica.
- Favorece la combustión de sustancias ó de materiales combustibles.
- La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión.

### 5.4. *Medidas de protección en caso de intervención.*

- El equipo de intervención debe ir suficientemente protegido. Se debe utilizar traje antiácido y, fundamentalmente, equipo de respiración autónomo.

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

- Evitar que el producto llegue a cauces públicos ó alcantarillado. En caso contrario, avisar inmediatamente a las autoridades competentes.

### 6.1. *Recogida.*

- En caso de vertido confinado, intentar recuperar y reutilizar el producto. Si esto no fuera posible, absorber con tierra ó arena y someter el absorbente a posterior tratamiento (no absorber en serrín u otros absorbentes combustibles).

### 6.2. *Eliminación.*

- En caso de necesidad diluir con gran cantidad de agua. No neutralizar jamás con productos ácidos.
- Esta operación debe realizarse por personal especializado (ver sección 13).

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

### 7.1. *Manipulación.*

- Utilizar las medidas de protección indicadas (ver sección 8), no fumar, comer ó beber mientras se manipula el producto.
- Utilizar equipos de materiales compatibles con el producto. Manipular lejos de fuentes de calor, sustancias reductoras y ácidas.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 3 de 6

### 7.2. Almacenamiento.

- Almacenar lejos de productos reactivos (ácidos y sustancias reductoras), en un lugar bien ventilado, alejado de fuentes de calor y evitar la incidencia directa de la radiación solar.
- Almacenar en depósitos de material plástico (polipropileno, PVC, polietileno) y evitar el contacto con metales.
- Se recomienda cubeto de retención para fugas de producto.

### 7.3. Usos específicos.

- Para toda utilización particular consultar al proveedor.

## 8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

### 8.1. Valores límite de la exposición.

- \*VLA-ED (TLV-TWA): 0,5 ppm  $\equiv$  1,5 mg/m<sup>3</sup>. en caso de desprendimiento de cloro gaseoso.
- \*VLA-EC (TLV-STEL): 1 ppm  $\equiv$  3 mg/m<sup>3</sup>. en caso de desprendimiento de cloro gaseoso.

(\* Datos correspondientes al cloro gaseoso).

### 8.2. Controles de la exposición.

- Respetar las medidas mencionadas en la sección 7.

#### 8.2.1. Controles de la exposición profesional.

##### 8.2.1.1. Protección respiratoria.

- En presencia de aerosoles / vapores / gases utilizar máscara con filtro combinado BP2.

##### 8.2.1.2. Protección de las manos.

- Usar guantes de protección de resistencia química de PVC, neopreno o caucho.

##### 8.2.1.3. Protección de los ojos.

- Usar gafas cerradas tipo motorista y, en caso de peligro de proyecciones, pantalla facial.

##### 8.2.1.4. Protección cutánea.

- En caso de peligro de proyecciones utilizar buzo ó traje antiácido.

#### 8.2.2. Controles de la exposición del medioambiente.

- Respetar las reglamentaciones locales y nacionales.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

### 9.1. Información general.

Estado físico: Líquido.  
Color: Amarillo verdoso.  
Olor: A lejía (picante).



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD N° 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 4 de 6

### 9.2. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medioambiente.

|  |   |
|--|---|
| PH: 11-12 (aprox.).                        | Densidad: $\geq 1,241$ g/ml a 20°C.                     |
| Punto de ebullición: 110°C (aprox.).       | Solubilidad: Soluble en agua en todas las proporciones. |
| Punto de inflamación: No le aplica.        | Coefficiente de reparto n-octanol/agua: No le aplica.   |
| Límite de explosión: No le aplica.         | Viscosidad: No evaluado.                                |
| Propiedades comburentes: Comburente.       | Densidad de vapor: 1,22 (aire=1).                       |
| Presión de vapor: 15 mmHg a 20°C (aprox.). | Velocidad de evaporación: No evaluado.                  |

### 9.3. Otros datos.

Punto de fusión: -23°C (aprox.).  
Temperatura de descomposición: >35-40°C (aprox.).

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

### 10.1. Condiciones que deben evitarse.

- Producto estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento y manipulación.

### 10.2. Materias que deben evitarse.

- Materias orgánicas, ácidos, productos reductores, nitritos, metales como hierro, cobre, níquel y cobalto, así como sus aleaciones y sales. Evitar aminas, metanol y las sales de amonio.

### 10.3. Productos de descomposición peligrosos.

- Oxígeno y, sobre todo, cloro gas.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

### 11.1. Efectos por inhalación.

- Puede provocar irritación, tos y edema pulmonar.

### 11.2. Efectos por ingestión.

- Provoca quemaduras en la boca y vómitos. Puede producir perforación del estómago.

### 11.3. Efectos por contacto con la piel.

- Provoca quemaduras.

### 11.4. Efectos por contacto con los ojos.

- Provoca quemaduras.

### 11.5. Otros datos.

- No hay evidencia de efectos cancerígenos, mutagénicos ó tóxicos para la reproducción.
- \*LD50 > 2000 mg/kg (vía oral-rata). LC50 > 10.500 mg/kg (1 hora-inhalación-rata).
- \*LD50 > 2000 mg/kg (vía dérmica-rata).

(\* Datos correspondientes a una solución 12% en cloro activo).





**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD Nº 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 5 de 6

### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

- Peligroso para la vida acuática y las plantas en general en pequeñas cantidades. Inhibe el crecimiento de algas y fitoplancton y provoca necrosis, clorosis y abscisión de las hojas en organismos vegetales. Produce la alcalinización del terreno.
- \*Toxicidad acuática (LC50): No se dispone de los datos.
- DBO: Ninguna.
- No hay evidencia de peligro de transmisión en la cadena de alimentación.

(\*Datos correspondientes al cloro puro).

### 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN.

- Dependiendo del proceso seguido con el producto, los residuos producidos, si los hay, deben ser convenientemente caracterizados y tratados.
- Caso de que estos residuos se consideren especiales ó peligrosos, deberán ser gestionados por empresas debidamente autorizadas (Gestores de Residuos).
- Los envases vacíos y embalajes deben eliminarse de acuerdo con las legislaciones locales ó nacionales vigentes.

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

|  |                         |
|--|-------------------------|
| <i>¿Es mercancía peligrosa acogida a la reglamentación ADR?.</i> | Si                      |
| <i>Nº ONU.</i>   | 1791                    |
| <i>Clase y grupo de embalaje.</i>                                | 8, III                  |
| <i>Nombre.</i>   | Hipoclorito en solución |
| <i>Nº identificación del peligro.</i>                            | 80                      |
| <i>Etiquetas de peligro (Transporte).</i>                        | 8 – Corrosivo           |

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

#### 15.1. Riesgos específicos (Frasas R).

- R-31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R-34: Provoca quemaduras.

#### 15.2. Consejos de prudencia (Frasas S).

- S-1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S-28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua.
- S-45: En caso de accidente ó malestar, acúdase inmediatamente al médico. Si es posible, muéstrele la etiqueta.
- S-50: No mezclar con ácidos ni metales.

#### 15.3. Etiquetas de peligro (Envasado).

- C – Corrosivo.



**ACIDEKA**

## FICHA DE SEGURIDAD N° 191

*HIPOCLORITO SÓDICO*

Revisión: 3  
Fecha: 14.01.03  
Página: 6 de 6

### 16. OTRAS INFORMACIONES.

**Bibliografía:**

Hazardous Chemicals Data Book – G. Weiss  
Hazard Data Sheets - BDH  
Diccionario de Química y Productos Químicos – Gessner G. Hawley  
Páginas WEB (INSHT, ACGIH, ...)

- La información suministrada corresponde al estado actual de nuestros conocimientos y experiencia y se considera válida, salvo error de reproducción.
- Esta información es proporcionada solamente para su consideración, investigación y verificación y no asumimos ninguna responsabilidad legal derivada de la misma.
- El cumplimiento de nuestras recomendaciones no exime al utilizador respecto al cumplimiento de reglamentos, normativas ó leyes relativas a la Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Esta Ficha de Seguridad se basa en la normativa publicada en la Directiva 2001/58/CE de veintisiete de julio, traspuesta parcialmente en el Real Decreto 99/2003, en la que se regula la elaboración de las fichas de seguridad de los preparados y sustancias peligrosas.
- La información suministrada no debe ser considerada como una garantía ó especificación de calidad. Su objetivo es describir nuestros productos desde el punto de vista de la seguridad.
- Este documento es emitido informáticamente por lo que no lleva firma.

### B.5.6. Genesys HR.



Genesys Membrane Products S.L. genesys@genesysro.com  
Plaza Luis Buñuel, 4  
28051 Madrid ( España )  
Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

#### Genesys HR

##### Antiincrustante para sistemas de membranas de agua de mar

Genesys HR ha sido desarrollado como un antiincrustante para grandes desaladoras de agua de mar. Es un producto de nueva tecnología, que se utiliza en dosis muy reducidas.

- sus principios activos son ampliamente utilizados en instalaciones de agua potable.
- tiene un impacto prácticamente nulo en niveles de carbono orgánico total.
- altamente efectivo frente a todas las incrustaciones más comunes, como Carbonatos y Sulfatos de Calcio, Bario y Estroncio, así como Fluoruro Cálcico.
- inhibe depósitos de sílice, hierro y aluminio.
- compatible con todos los tipos de membranas.
- reduce incluso elimina la necesidad de ácido.
- permite a los sistemas operar a los porcentajes de recuperación más elevados posibles.
- es una alternativa económica frente al uso de ácido y/o polímeros.

##### Seguridad y manipulación

Genesys HR es una solución de un ácido fosfónico. Su componente activo ha sido clasificado como no tóxico y es ampliamente utilizado en instalaciones de agua potable. La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

##### Clasificación

Clasificación CPL: Corrosivo.

Clasificación UN: Corrosivo.

##### Compatibilidad con los materiales

Genesys HR es agresivo frente a aceros aleados, por lo que los tanques y bombas dosificadoras deben ser resistentes a los ácidos.

##### Uso de Genesys HR

- Genesys HR inhibe todas las formas de incrustación permitiendo a las ingenierías el diseño de sistemas que operen a elevados porcentajes de recuperación. Esto se traduce en un significativo ahorro de costes debido a la reducción de la cantidad de agua de alimentación utilizada y del volumen de agua de rechazo que será vertido.
- Genesys HR debe ser dosificado de forma continua al agua de alimentación. Puede dosificarse desde su forma pura o diluido con agua producto.
- Genesys HR es particularmente efectivo en plantas que operan a altas presiones con tasas de conversión del 60-65%.
- La dosis típica varía entre 0,4-0,7 mg/L.
- La dosificación óptima de Genesys LF puede ser determinada con el software de Genesys.

##### Especificaciones generales

|                 |                                 |                      |         |
|-----------------|---------------------------------|----------------------|---------|
| apariencia      | líquido ligeramente amarillento | pH (1%)              | 1,8-2,0 |
| Densidad a 20°C | 1.14-1,16                       | Punto de congelación | <-5°C   |

Genesys HR es completamente miscible con agua en cualquier proporción.

##### Envasado y caducidad

Disponibile en envases de 25, 200 y 1100 Kg.

El periodo máximo de almacenaje recomendado para Genesys HR es de 2 años.

Genesys Membrane Products S.L. –

- mucho más por mucho menos



Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

FICHA DE SEGURIDAD

NOMBRE DEL PRODUCTO: Genesys HR

FECHA: Mayo 2001

1. PRODUCTO QUIMICO E IDENTIFICACION DE LA COMPAÑÍA

- 1.1 Nombre comercial: Genesys HR  
1.2 Identidad Química: Compuesto organo-fosforado  
1.3 Nombre de la compañía: Genesys Membrane Products SL  
Plaza Luis Buñuel, 4  
28051 Madrid (España)  
1.4 Contacto en emergencias: (+34) 91 562 04 20

2. COMPOSICION: Solución acuosa de un compuesto organo-fosforado

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

- SUMINISTRO: Corrosivo  
TRANSPORTE: Corrosivo

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

- 4.1 Contacto con ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos. Llamar a un especialista si persiste la irritación  
4.2 Contacto con piel: Lavar inmediatamente el área afectada con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quitar la ropa contaminada.  
4.3 Inhalación: Situar en un lugar con aire puro. Si persisten los síntomas conseguir atención médica.  
4.4 Ingestión: Lavar la boca con agua y beber abundante agua. Consequir atención médica.

5. MEDIDAS PAR COMBATIR INCENDIOS

- 5.1 Medio Extintor-  
Rociado de agua  
Espuma  
CO<sub>2</sub>  
Polvo seco  
5.2 Exposición a peligros especiales: Descomposición al fuego causa humos irritantes  
5.3 Protección Especial para los Bomberos: Aparato de respiración autónoma.

6. MEDIDAS EN EL CASO DE VERTIDOS ACCIDENTALES

- 6.1 Precauciones Personales: Evitar el contacto con piel y ojos  
6.2 Precauciones Medioambientales: Minimizar el derrame del producto a desagües y corrientes de agua  
6.3 Método de limpieza: Contener o absorber en arena u otro material inerte. Desechar de acuerdo con las regulaciones de la autoridad local



Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

7. MANIPULACION Y ALMACENAJE
- |                   |   |
|-------------------|---|
| 7.1 Almacenaje:   | Almacenar en un área fresca y bien ventilada. |
| 7.2 Manipulación: | Evitar el contacto con piel y ojos            |
- 
8. CONTROL DE LA EXPOSICION, PROTECCION PERSONAL
- |  |   |
|--|---|
| 8.1 Diseño del equipo / Medidas de protección: |   |
| 8.2 Límites de Exposición Permisibles:         |   |
| 8.3 <u>Protección Personal</u>                 |   |
| 8.3.1 Respiración                              | Evitar respirar sus vapores o pulverizaciones                               |
| 8.3.2 Manos                                    | Utilizar guantes de PVC   |
| 8.3.3 Ojos                                     | Utilizar gafas de seguridad. Tener un sistema de lavado de ojos disponible. |
| 8.3.4 Piel                                     | Vestir mono de trabajo  |
| 8.3.5 Higiene Industrial                       | Trabajar de acuerdo a las buenas prácticas de higiene en la industria       |
- 
9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
- |                                  |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 9.1 Apariencia:                  | Líquido ligeramente amarillento       |
| 9.2 Olor:                        | Aromático                             |
| 9.3 pH (1%):                     | 1,8-2,0                               |
| 9.4 Viscosidad:                  |                                       |
| 9.5 Punto de congelación:        | <-3°C                                 |
| 9.6 Punto de ebullición:         | 105°C                                 |
| 9.7 Punto de fusión:             | No disponible                         |
| 9.8 Punto de ignición:           | No disponible                         |
| 9.9 Temperatura de autoignición: | No disponible                         |
| 9.10 Explosividad:               | No disponible                         |
| 9.11 Presión de vapor:           | Como el agua                          |
| 9.12 Densidad a 20°C:            | 1.14-1.16                             |
| 9.13 Solubilidad:                | Miscible en agua                      |
| 9.14 Coeficiente de partición:   | 3.5 (a) 20°C n-octanol/agua (log Pow) |
| 9.15 Otros datos:                |                                       |
- 
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD
- |   |   |
|---|---|
| 10.1 Condiciones a Evitar:                  | Ninguna conocida  |
| 10.2 Materiales a Evitar:                   | Aceros al carbono, Aluminio y Zinc                                      |
| 10.3 Productos de Descomposición Peligrosa: | Monóxido y dióxido de Carbono, óxidos de Nitrógeno y óxidos de Fósforo. |
- 
11. INFORMACION TOXICOLOGICA
- |   |             |
|---|-------------|
| 11.1 LD <sub>50</sub> Vía Oral en Ratas:    | >5543 mg/Kg |
| 11.2 Irritación de Ojos Probado en Conejos: | Irritante   |
| 11.3 Irritación de Piel Probado en Conejos: | Irritante   |
| 11.4 Otra información:                      |             |
- 
12. INFORMACION ECOLOGICA
- Evitar el derrame del producto a desagües y corrientes de agua



Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

13. CONSIDERACIONES PARA EL DESECHADO

Desechar de acuerdo con las regulaciones de la autoridad local – Plantas de tratamiento de aguas autorizadas

14. INFORMACION PARA EL TRANSPORTE

- 14.1 IMDG
- 14.2 RID / ADR: Clase 8, 40c
- 14.3 MARPOL No es contaminante
- 14.4 N° UN.: 3265
- 14.5 IATA: Clase 8
- 14.6 TREM CARD
- 14.7 Otra Información:

15. INFORMACION REGULATORIA

- 15.1 Etiquetado EU Clasificación del producto siguiendo la directiva europea de preparación de materiales peligrosos 1999/45/EC. Anexo I
- 15.2 Frases de Riesgo: R36/38: Irrita los ojos y la piel.
- 15.3 Frases de Seguridad: S24/25: Evítese el contacto con los ojos y la piel  
S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- 15.4 El Producto Contiene: Solución acuosa de un compuesto organo-fosforado

Se recuerda a los receptores remitirse a medidas nacionales que pueden ser pertinentes

16. OTRA INFORMACION

Lavar los bidones vacíos con agua previamente a su desecho o recogida

Este producto debería ser almacenado, manipulado y utilizado de acuerdo a las buenas prácticas de higiene en la industria y en conformidad con cada una de las regulaciones legales. La información contenida en este escrito esta basada en los conocimientos que disponemos en este momento e intenta describir a nuestros productos desde el punto de vista de requerimientos de seguridad. Por lo tanto esta información no debe ser interpretada como garantía de las propiedades especificadas.

### B.5.7. Genesol 37.



**Genesys Membrane Products S.L.** genesys@genesysro.com  
Plaza Luis Buñuel, 4  
28051 Madrid ( España )  
Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

#### **Genesol 37**

#### **Limpiador ácido para sistemas de membranas**

Genesol 37 ha sido desarrollado como un limpiador de incrustaciones tanto orgánicas como inorgánicas y depósitos de Hierro para ser utilizado en la mayoría de las instalaciones de membranas de Osmosis Inversa y de Nanofiltración.

- Amplio rango de aplicaciones.
- Producto líquido de fácil manejo y aplicación.
- Compatible con la mayoría de modelos de membranas.
- Efectivo en la limpieza de depósitos orgánicos difíciles de limpiar.

#### **Seguridad y manipulación**

Genesol 37 es una solución concentrada de ácidos nítricos y fosfóricos. Debe tenerse cuidado en su manipulación.

La ficha de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

#### **Clasificación**

Clasificación CPL: Corrosivo.

Clasificación UN: 8 (Corrosivo).

#### **Compatibilidad con los materiales**

Genesol 37 es corrosivo frente aceros al carbono. Debido a esto las bombas de dosificación, contenedores y tuberías deben estar fabricadas con materiales resistentes a los ácidos.

#### **Uso de Genesol 37**

- Genesol 37 es altamente efectivo cuando se utiliza en diluciones al 1-2%. Es conveniente alternar periodos de recirculación con periodos de remojo durante un total de 1-2 horas.
- El pH de la solución de limpieza debe ser el mínimo permitido por el fabricante de membrana. Si el pH de la solución aumenta durante el proceso, debe añadirse Genesol 37 o bien reemplazarla por una nueva solución de limpieza.
- Posteriormente a la limpieza, Genesol 37 debe ser neutralizado con Hidróxido Sódico hasta pH 6-7 antes de ser vertido para evitar problemas en las instalaciones. La presencia de soluciones de bajo pH puede dañar instalaciones de hormigón y cemento.
- Al arrancar la planta después de la limpieza la conductividad puede aumentar, aunque después de un breve periodo de operación vuelvan a alcanzarse valores de diseño.
- Siempre deben ser respetadas las recomendaciones del fabricante de las membranas.

#### **Especificaciones generales**

|                 |                |                           |       |
|-----------------|----------------|---------------------------|-------|
| Apariencia      | Líquido pálido | pH (al que se suministra) | <1    |
| Densidad a 20°C | 1.30-1.34      | Punto de congelación      | <-5°C |

Genesol 37 es completamente miscible con agua en cualquier proporción.

#### **Envasado y caducidad**

Disponible en envases de 34 y 250 Kg.

El periodo máximo de almacenaje recomendado para Genesol 37 es de 2 años bajo condiciones de almacenamiento normales.

**Genesys Membrane Products S.L. –**

**- mucho más por mucho menos**

"El responsable de la entrega del residuo de envase o envase usado, para su correcta gestión ambiental, será el poseedor final" R.D. 782/1998



Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

FICHA DE SEGURIDAD

NOMBRE DEL PRODUCTO: Genesol 37

FECHA: Septiembre 2002

1. PRODUCTO QUIMICO E IDENTIFICACION DE LA COMPAÑÍA

- 1.1 Nombre comercial: Genesol 37  
1.2 Identidad Química: Acidos inorgánicos  
1.3 Nombre de la compañía: Genesys Membrane Products SL  
Plaza Luis Buñuel, 4  
28051 Madrid (España)  
1.4 Contacto en emergencias: (+34) 91 562 04 20

2. COMPOSICION: Solución acuosa de ácidos inorgánicos

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

- SUMINISTRO: Clasificado como corrosivo  
TRANSPORTE: Clasificado como corrosivo

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

- 4.1 Contacto con ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua manteniendo los párpados abiertos durante 15 minutos y solicitar atención médica.  
4.2 Contacto con piel: Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Lavar el área afectada con agua y jabón, preferiblemente bajo una ducha. Acudir a un médico.  
4.3 Inhalación: Llevar a la persona afectada a una zona ventilada. Mantene al paciente bajo supervisión médica durante 24-48 h. Administrar oxígeno si aparecen dificultades respiratorias.  
4.4 Ingestión: No inducir al vómito. Lavar la boca con agua. Si el paciente está consciente darle a beber abundante agua. Solicitar asistencia médica.

5. MEDIDAS PARA COMBATIR INCENDIOS - No aplicable, producto acuoso

- 5.1 Medio Extintor-  
Rociado de agua:  
Espuma:  
CO<sub>2</sub>:  
Polvo seco:  
5.2 Exposición a peligros especiales: En caso de incendio se generarán vapores ácidos y gases de descomposición que inhalados pueden causar daños en los pulmones.  
5.3 Protección Especial para los Bomberos: Utilizar equipo de respiración autónoma si el producto se ve implicado en un incendio





Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

6. MEDIDAS EN EL CASO DE VERTIDOS ACCIDENTALES

- 6.1 Precauciones Personales: Evitar el contacto con piel, ojos y ropa
- 6.2 Precauciones Medioambientales: Evitar/minimizar el paso del producto a desagües o cursos de agua. Puede secar la vegetación y el descenso del pH puede resultar mortal para los peces.
- 6.3 Método de limpieza: Los vertidos deben ser aislados y absorbidos en arena. Añadir gradualmente carbonato sódico con mucha precaución ya que se produce una reacción muy energética. El ácido neutralizado junto con la arena puede ser retirado a un envase adecuado para su eliminación según lo establecido en la normativa vigente.

7. MANIPULACION Y ALMACENAJE

- 7.1 Almacenaje: Mantener alejado de agentes reductores, compuestos orgánicos o preparados alcalinos. Mantener los envases herméticamente cerrados cuando no se usen.
- 7.2 Manipulación: Uso de guantes. Proteger cara y ojos.

8. CONTROL DE LA EXPOSICION, PROTECCION PERSONAL

- 8.1 Diseño del equipo/Medidas de protección:
- 8.2 Límites de Exposición Permisibles: Exposiciones a corto plazo de 2 mg/m<sup>3</sup> (basado en ácidos concentrados)
- 8.3 Protección Personal
- 8.3.1 Respiración Ninguno establecido
- 8.3.2 Manos Utilizar guantes de PVC, neopreno o goma
- 8.3.3 Ojos Utilizar máscara de seguridad
- 8.3.4 Piel Total
- 8.3.5 Higiene Industrial Trabajar de acuerdo a las buenas prácticas industriales de la industria química.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- 9.1 Apariencia: líquido amarillo claro
- 9.2 Olor: Ligeramente picante (ácido)
- 9.3 pH: < 1
- 9.4 Viscosidad:
- 9.5 Punto de congelación: < 0°C
- 9.6 Punto de ebullición: > 100 °C
- 9.7 Punto de fusión: No aplicable
- 9.8 Punto de ignición: No aplicable
- 9.9 Temperatura de autoignición: No aplicable
- 9.10 Presión de vapor: 0,8 mbar a 15 °C
- 9.11 Densidad a 25°C: 1.32
- 9.12 Solubilidad: Soluble en agua en cualquier proporción
- 9.13 Coeficiente de partición: Log P (Octanol/Agua) <<3 (valor estimado)



Genesys Membrane Products S.L.

genesys@genesysro.com

Plaza Luis Buñuel, 4

28051 Madrid ( España )

Tel.: (+34) 91 666 73 16 Fax: (+34) 91 666 73 18

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

- 10.1 Condiciones a Evitar: Temperaturas elevadas, exposición a la luz solar  
10.2 Materiales a Evitar: Mayoría de los metales , hormigones, cementos, materiales calizos.  
10.3 Productos de Descomposición Peligrosa: Óxidos de Nitrógeno

11. INFORMACION TOXICOLOGICA

- 11.1 LD<sub>50</sub> Vía Oral en Ratas:  
11.2 Irritación de Ojos Altamente corrosivo  
11.3 Irritación de Piel Altamente corrosivo

12. INFORMACION ECOLÓGICA

Evitar/minimizar su vertido en ríos y corrientes de agua. El descenso de pH puede resultar mortal para los peces.

13. CONSIDERACIONES PARA EL DESECHADO

El desechado debe realizarse según lo establecido en las regulaciones locales vigentes.

14. INFORMACION PARA EL TRANSPORTE - No es peligroso

- 14.1 IMDG Corrosivo Clase 8  
14.2 RID / ADR: Corrosivo Clase 8  
14.3 MARPOL  
14.4 N° UN.: 3264  
14.5 IATA: Corrosive  
14.6 TREM CARD TEC (R) - 80G06

15. INFORMACION REGULATORIA

- 15.1 Regulado y Etiquetado de acuerdo con las Directivas 67/548 de la CEE  
15.2 Frases de Peligro: R35 Causa quemaduras graves  
15.3 Frases de Seguridad: S23 No respirar los gases  
S26 En caso de contacto con los ojos lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico  
S36 Úsese indumentaria protectora adecuada  
S45 En caso de accidente o malestar acuda inmediatamente a un médico.  
15.4 El Producto Contiene: Mezcla acuosa de ácidos inorgánicos


Se recuerda a los receptores remitirse a medidas nacionales que pueden ser pertinentes

16. OTRA INFORMACION - Lavar los bidones vacíos con agua previamente a su desecho o recogida.

Este producto debería ser almacenado, manipulado y utilizado de acuerdo a las buenas prácticas de higiene en la industria y en conformidad con cada una de las regulaciones legales. La información contenida en este escrito esta basada en los conocimientos que disponemos en este momento e intenta describir a nuestros productos desde el punto de vista de requerimientos de seguridad. Por lo tanto esta información no debe ser interpretada como garantía de las propiedades especificadas.

## B.6. CATÁLOGO TUBERIAS.

### B.6.1. Tuberías PRFV de AIQSA.

| ESPEORES Y PESOS  |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|
| DIN 16965-1 clase A   |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capa interna de barrera química de 1 mm de espesor con velo de superficie de vidrio tipo C realizada con resina bisfenólica tipo Altac.</li> <li>• Capa externa con velo de superficie vidrio tipo C y Top-coat realizada con resina bisfenólica tipo Altac.</li> <li>• Densidad media del laminado 1,8</li> <li>• Resistencia 120 N/mm<sup>2</sup></li> </ul> |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |
| <b>Normal</b><br>Capa de resistencia mecánica realizada con resina ortoftálica de un punto de distorsión de 60°C.   |                      |                      | <b>Temperatura</b><br>Capa de resistencia mecánica realizada con resina ortoftálica de un punto de distorsión de 96°C. |                      |                      |                      | <b>Todo Altac</b><br>Capa de resistencia mecánica realizada con resina bisfenólica tipo Altac. |                      |                      |                      |
|   |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |
| DN  | PRESION NOMINAL      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |
|   | PN-1.6               | PN-2.5               | PN-4   | PN-6                 | PN-10                | PN-16                |  |                      |                      |                      |
|   | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m   | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m   | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m | S <sub>4</sub> =Kg/m |
| 25  |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 0,6                  |
| 32  |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 0,7                  |
| 40  |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 0,9                  |
| 50  |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |                      | 3,1                  | 1,1                  |
| 65  |                      |                      |  |                      |                      | 2,9                  | 1,3  | 3,7                  | 1,6                  |                      |
| 80  |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 1,4                  | 3,1  | 1,7                  | 4,4                  | 2,2                  |
| 100   |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 1,5                  | 3,6  | 2,4                  | 5,2                  | 3,3                  |
| 125   |                      |                      |  |                      | 2,9                  | 2,2                  | 4,2  | 3,2                  | 6,2                  | 4,8                  |
| 150   |                      |                      | 2,9  | 2,6                  | 3,3                  | 3                    | 4,9  | 4,4                  | 7,3                  | 6,7                  |
| 200   |                      | 2,9                  | 3,5  | 3                    | 3,5                  | 4,1                  | 5,2  | 6,2                  | 7,6                  | 11,3                 |
| 250   |                      | 2,9                  | 4,3  | 3,5                  | 5,7                  | 4,8                  | 7,2  | 7,4                  | 10,9                 | 17,8                 |
| 300   |                      | 2,9                  | 5,1  | 4                    | 7,7                  | 5,6                  | 10,4   | 8,7                  | 15,7                 | 24,9                 |
| 350   |                      | 3,2                  | 7  | 4,5                  | 10                   | 6,4                  | 13,1   | 10                   | 21,4                 | 33,1                 |
| 400   |                      | 3,6                  | 9,1  | 5                    | 12,6                 | 7,1                  | 17,3   | 11,3                 | 26,7                 | 42,5                 |
| 500   |                      | 4,2                  | 12,8   | 6,1                  | 18,6                 | 8,6                  | 25,9   | 13,8                 | 40,7                 | 66,5                 |
| 600   |                      | 4,8                  | 17,1   | 7,1                  | 25,8                 | 10,2                 | 36,2   | 16,4                 | 59,3                 |                      |
| 700   |                      | 5,4                  | 21,9   | 8,1                  | 34                   | 11,7                 | 48,3   | 19                   | 77,3                 |                      |
| 800   |                      | 6,1                  | 29,6   | 9,1                  | 43,5                 | 13,2                 | 62,1   | 21,5                 | 99,9                 |                      |

<http://www.aiqsa.com/productos/produccion/calder/c-tub.htm> (2 de 4)02/06/2006 19:37:27

### B.6.2. Tuberías de PEAD y PEBD de Tuborama 2004.



#### TUBERÍA POLIETILENO ALTA DENSIDAD

FAMILIA 0108-2

TUBOS POLIETILENO ALTA DENSIDAD PE-100 - MRS-100 (BANDA AZUL)



CUMPLE NORMATIVA UNE 53.966  
POSEE MARCA DE CALIDAD AENOR  
(\* BAJO PEDIDO, SUMINISTRO EN  
BARRAS DE 6 METROS.  
(EN 12 METROS CONSULTAR)



ATENCIÓN: (\*)  
Los suministros de barras con 12 metros  
de longitud, consultar recargo de transporte.

| Ø Ext.<br>mm | PRESIÓN 10 ATMÓSFERAS (1 MPa) |           |              |           |                  |           |
|--------------|-------------------------------|-----------|--------------|-----------|------------------|-----------|
|              | Esp mm                        | mts/rollo | Código Rollo | mts/barra | Código Barra     | Euros/m   |
| 25           |                               | 100       | 0108122      | -         | -                | Consultar |
| 32           |                               | 100       | 0108138      | -         | -                | 0,90      |
| 40           | 2,4                           | 100       | 0108139      | -         | -                | 1,33      |
| 50           | 3,0                           | 100       | 0108140      | -         | -                | 2,00      |
| 63           | 3,8                           | 100       | 0108141      | 6         | 34497            | 3,13      |
| 75           | 4,5                           | 100       | 0108142      | 6         | 34498            | 4,36      |
| 90           | 5,4                           | 100       | 0108143      | 6         | 34499            | 6,24      |
| 110          | 6,6                           | 50        | 0108144      | 6<br>12   | 34500<br>34479   | 9,40      |
| 125          | 7,4                           | -         | -            | 6<br>12   | 0108145<br>34480 | 11,25     |
| 140          | 8,3                           | -         | -            | 6<br>12   | 0108146<br>34481 | 14,15     |
| 160          | 9,5                           | -         | -            | 6<br>12   | 0108147<br>34482 | 18,30     |
| 180          | 10,7                          | -         | -            | 6<br>12   | 0108148<br>34483 | 23,25     |
| 200          | 11,9                          | -         | -            | 6<br>12   | 0108149<br>34484 | 28,65     |
| 250          | 14,8                          | -         | -            | 6<br>12   | 0108150<br>34485 | 44,70     |
| 315          | 18,7                          | -         | -            | 6<br>12   | 0108151<br>34486 | 71,00     |
| 400          | 23,7                          | -         | -            | 6<br>12   | 0108152<br>34487 | 116,00    |

| Ø Ext.<br>mm | PRESIÓN 16 ATMÓSFERAS (1,6 MPa) |           |              |           |                  |         |
|--------------|---------------------------------|-----------|--------------|-----------|------------------|---------|
|              | Esp mm                          | mts/rollo | Código Rollo | mts/barra | Código Barra     | Euros/m |
| 20           | 2,3                             | 100       | 0108153      |           | -                | 0,53    |
| 25           | 2,3                             | 100       | 0108154      |           | -                | 0,75    |
| 32           | 2,9                             | 100       | 0108155      |           | -                | 1,18    |
| 40           | 3,7                             | 100       | 0108156      |           | -                | 1,88    |
| 50           | 4,6                             | 100       | 0108157      |           | -                | 2,87    |
| 63           | 5,8                             | 100       | 0108158      | 6         | 34509            | 4,42    |
| 75           | 6,8                             | 100       | 0108159      | 6         | 34510            | 6,20    |
| 90           | 8,2                             | 100       | 0108160      | 6         | 34511            | 8,45    |
| 110          | 10,0                            | 50        | 0108161      | 6<br>12   | 34512<br>34488   | 13,40   |
| 125          | 11,4                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108162<br>34489 | 16,48   |
| 140          | 12,7                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108163<br>34490 | 20,73   |
| 160          | 14,6                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108164<br>34491 | 27,13   |
| 180          | 16,4                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108165<br>34492 | 34,40   |
| 200          | 18,2                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108166<br>34493 | 42,48   |
| 250          | 22,7                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108167<br>34494 | 65,80   |
| 315          | 28,6                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108168<br>34495 | 107,00  |
| 400          | 36,4                            | -         | -            | 6<br>12   | 0108169<br>34496 | 178,00  |

**TUBORAMA 2004**



**TUBERÍA DE POLIETILENO PARA USO ALIMENTARIO**

FAMILIA 0108 ATENCION: PRECIOS SUJETOS A VARIACIÓN SIN PREVIO AVISO



TUBERIA CON MARCA DE CALIDAD HOMOLOGADA POR AENOR

BAJA DENSIDAD (DENSIDAD 0,932) NORMA UNE 53.133-53.131



| PRESION    | Ø NOMINAL | Ø EXTERIOR | ESPESOR | Ø INTERIOR | CÓDIGO  | METROS ROLLO | EUROS |
|------------|-----------|------------|---------|------------|---------|--------------|-------|
| 4<br>ATMS  | 3/4"      | 25         | 2       | 21         | 0108001 | 100          | 0,64  |
|            | 1"        | 32         | 2       | 28         | 0108002 | 100          | 0,87  |
|            | 1 1/4"    | 40         | 2,4     | 35,2       | 0108004 | 100          | 1,33  |
|            | 1 1/2"    | 50         | 3       | 44         | 0108006 | 50           | 2,02  |
|            | 2"        | 63         | 3,8     | 55,4       | 0108008 | 50           | 3,10  |
|            | 2 1/2"    | 75         | 4,5     | 66         | 0108010 | 50           | 4,42  |
|            | 3"        | 90         | 5,4     | 79,2       | 0108012 | 50           | 6,30  |
| 6<br>ATMS  | 1/2"      | 20         | 2       | 16         | 0108014 | 100          | 0,51  |
|            | 3/4"      | 25         | 2,3     | 20,4       | 0108016 | 100          | 0,74  |
|            | 1"        | 32         | 2,9     | 26,2       | 0108018 | 100          | 1,17  |
|            | 1 1/4"    | 40         | 3,7     | 32,6       | 0108020 | 100          | 1,87  |
|            | 1 1/2"    | 50         | 4,6     | 40,8       | 0108022 | 50           | 2,86  |
|            | 2"        | 63         | 5,8     | 51,4       | 0108024 | 50           | 4,42  |
|            | 2 1/2"    | 75         | 6,8     | 61,4       | 0108026 | 50           | 6,25  |
| 3"         | 90        | 8,2        | 73,6    | 0108028    | 50      | 9,00         |       |
| 10<br>ATMS | 1/2"      | 20         | 2,8     | 14,4       | 0108030 | 100          | 0,68  |
|            | 3/4"      | 25         | 3,5     | 18         | 0108032 | 100          | 1,02  |
|            | 1"        | 32         | 4,4     | 23,2       | 0108034 | 100          | 1,63  |
|            | 1 1/4"    | 40         | 5,5     | 29         | 0108036 | 100          | 2,56  |
|            | 1 1/2"    | 50         | 6,9     | 36,2       | 0108038 | 50           | 3,96  |
|            | 2"        | 63         | 8,6     | 45,8       | 0108040 | 50           | 6,11  |
|            | 2 1/2"    | 75         | 10,3    | 54,4       | 0108042 | 50           | 9,00  |
| 3"         | 90        | 12,3       | 65,4    | 0108044    | 50      | 12,65        |       |

### B.6.3. Tuberías acero inoxidable 316L de Acinesgon S.A.

PROINOX, S.A.

<<Catalogo Inoxidable>>

Página 15

#### Tubo Acero Inoxidable sin soldadura

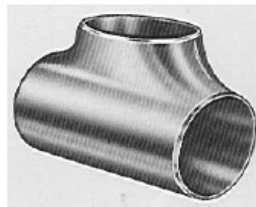
Norma ASTM-A-312 ANSI B-36-19 Certificados S/ASTM-A-530 DIN-50049  
Calidades TP AISI-304-L y AISI-316-L

| DN  | Diámetro pulgadas | Diámetro milímetros | Espesores de pared y pesos por metro |       |               |       |               |       |
|-----|-------------------|---------------------|--------------------------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|     |                   |                     | SCHEDULE 10 S                        |       | SCHEDULE 40 S |       | SCHEDULE 80 S |       |
|     |                   |                     | mm                                   | k/m   | mm            | k/m   | mm            | k/m   |
| 8   | 1/4               | 13,17               | 1,65                                 | 0,5   | 2,24          | 0,64  | 3,02          | 0,81  |
| 10  | 3/8               | 17,15               | 1,65                                 | 0,64  | 2,31          | 0,86  | 3,2           | 1,12  |
| 15  | 1/2               | 21,34               | 2,11                                 | 1,02  | 2,77          | 1,29  | 3,73          | 1,64  |
| 20  | 3/4               | 26,67               | 2,11                                 | 1,3   | 2,87          | 1,71  | 3,91          | 2,23  |
| 25  | 1                 | 33,4                | 2,77                                 | 2,12  | 3,38          | 2,54  | 4,55          | 3,29  |
| 32  | 1,1/4             | 42,16               | 2,77                                 | 2,73  | 3,58          | 3,44  | 4,85          | 4,53  |
| 40  | 1,1/2             | 48,26               | 2,77                                 | 3,15  | 3,68          | 4,11  | 5,08          | 5,49  |
| 50  | 2                 | 60,33               | 2,77                                 | 3,99  | 3,91          | 5,52  | 5,54          | 7,6   |
| 65  | 2,1/2             | 73,03               | 3,05                                 | 5,34  | 5,16          | 8,77  | 7,01          | 11,59 |
| 80  | 3                 | 88,9                | 3,05                                 | 6,56  | 5,49          | 11,45 | 7,62          | 15,51 |
| 100 | 4                 | 114,3               | 3,05                                 | 8,5   | 6,02          | 16,32 | 8,56          | 22,62 |
| 125 | 5                 | 141,43              | 3,4                                  | 11,74 | 6,55          | 22,1  | 9,52          | 31,44 |
| 150 | 6 *               | 168,28              | 3,4                                  | 14,04 | 7,11          | 28,69 | 10,97         | 43,16 |
| 200 | 8 *               | 219,08              | 3,76                                 | 20,24 | 8,18          | 43,13 | 12,7          | 64,54 |
| 250 | 10 *              | 273,05              | 4,2                                  | 28,17 | -             | -     | -             | -     |
| 300 | 12 *              | 323,85              | 4,57                                 | 38,51 | -             | -     | -             | -     |

\* Sobre demanda

#### Accesorio acero inoxidable para soldar Norma ASTM A-404 WP

Calidades AISI304-L y AISI-316-L



Tee Igual



Codos 90°



Caps

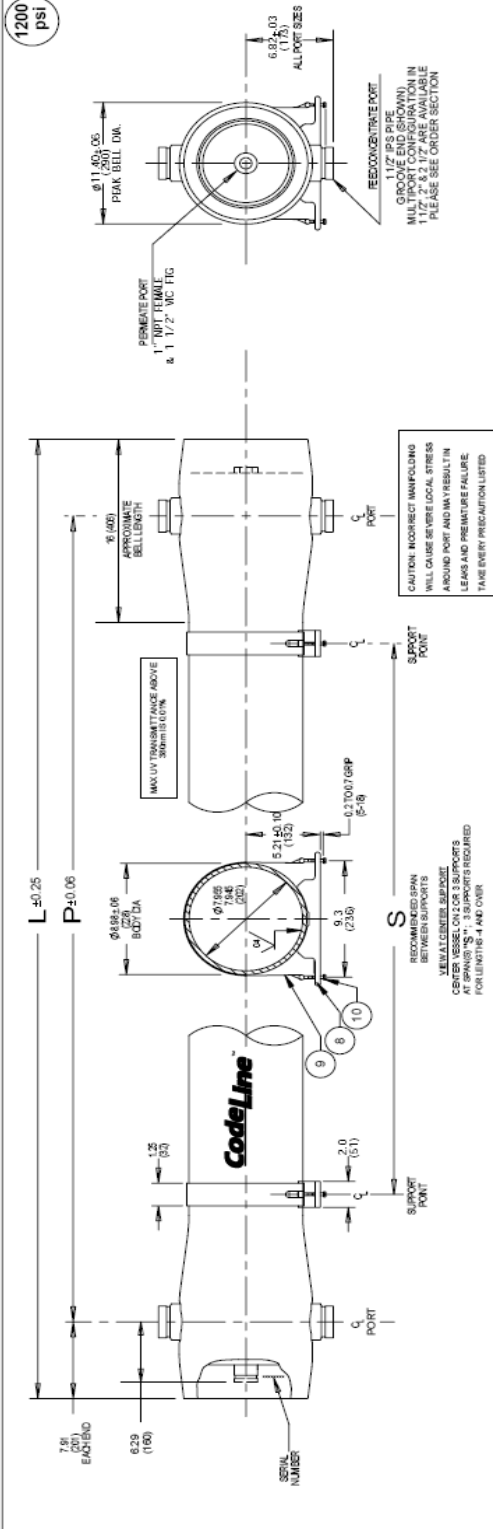


Stub-Ends



Reduccion

**B.7. TUBOS DE PRESIÓN.**



**1200 psi**

PEAK BELL DIA.  $\phi 11.40 \pm 0.05$   
(290)

PREMATURE PORT  
1" FPT THTALK  
& 1 1/2" VC TIC

RECOSCENTRATED PORT  
1 1/2" IPS PIPE  
GRIND TO END (SLOAN)  
MILL GROOVE END SECTION IN  
1 1/2", 2" & 3" ARE AVAILABLE  
PLEASE SEE ORDER SECTION

APPROXIMATE BELL LENGTH  
3" (76)

MAXIMUM TRANSMITANCE ABOVE  
300MHz (GHz)

RECOMMENDED SPAN  
BETWEEN SUPPORTS  
VIEW AT CENTER SUPPORT  
CENTER VESSEL ON 2 SUPPORTS  
FOR LENGTHS 4 AND OVER

MAXIMUM TRANSMITANCE ABOVE  
300MHz (GHz)

SUPPORT POINT

C PORT

SUPPORT POINT

C PORT

SUPPORT POINT

C PORT

SUPPORT POINT

| Shell Code | L.O.A. Length IN (MM) | L            | P Span IN (MM) | S Span IN (MM) | Approx. Weight LB (KG) |
|------------|-----------------------|--------------|----------------|----------------|------------------------|
| 1          | 63 (1600)             | 47.0 (1184)  | 28X.1 (711)    | 185 (84)       |                        |
| 2          | 100 (2516)            | 87.0 (2216)  | 86 X.1 (142)   | 229 (104)      |                        |
| 3          | 143 (3632)            | 127.0 (3226) | 80 X.1 (202)   | 273 (124)      |                        |
| 4          | 183 (4648)            | 167.0 (4242) | 64 X.2 (1626)  | 318 (144)      |                        |
| 5          | 223 (5664)            | 207.0 (5298) | 78 X.2 (1991)  | 362 (164)      |                        |
| 6          | 283 (7180)            | 247.0 (6274) | 92 X.2 (2327)  | 406 (184)      |                        |
| 7          | 303 (7686)            | 267.0 (6786) | 106 X.2 (2692) | 490 (224)      |                        |

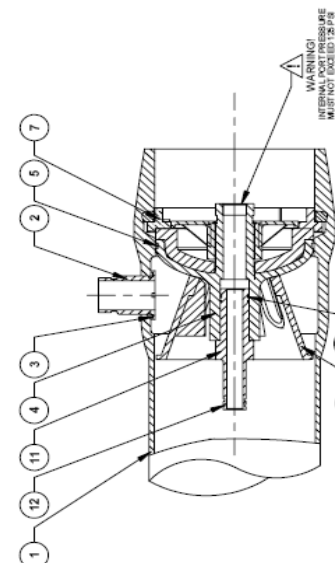
**CodeLine**  
Pentair Water

CODELINE OCTA 80R120  
MEMBRANE HOUSING

DATE: 2018/04/04  
DRAWN: ANP  
CHECKED: SM

SHEET 1 OF 2  
SIZE A3  
NUMBER 99/24  
REV D

**SECTION THROUGH END CLOSURE**  
ITEM (3) DIMENSIONS ONLY



WARNING!  
DO NOT OVERTIGHTEN NUTS

NOTES

- MAX. ANGULAR VARIATION BETWEEN ANY PORTS  $\pm 0.5^\circ$
- SHELL EXTERIOR COATED WITH WHITE, HIGH GLOSS POLYURETHANE PAINT
- DIMENSION IN INCHES (MM APPROX.)
- NOT TO BE USED FOR CONSTRUCTION

| Dwg. Ref. | Qty. | Part Number | Description      | Material/Remarks   |
|-----------|------|-------------|------------------|--|
| 1         | 1    |             | SHELL            | Flamer wound epoxy/glass composite - being ground regularly to cut in-place. |
| 2         | AR   |             | FC Port          | CH3MN  |
| 3         | AR   |             | FC Port Seal     | EPDM   |
| 4         | 2    | 96096       | Head Assy        | Neyl backed with Steel   |
| 5         | 2    | 52574       | Head Seal        | EPDM - Square Cut  |
| 6         | 2    | 52245       | Adapter Seal     | EPDM - O-ring  |
| 7         | 2    | 92510       | Locking Ring     | Steel SA 106, Nickel Plate-d.  |
| 8         | *3   | 52169       | Universal Saddle | Engineering Thermoplastic  |
| 9         | *3   | 45042       | Strip Assy       | 304 Stainless Steel - PVC cushion  |
| 10        | 6    | 42685       | Strip Screw      | 5/16-18 UNC, 18-8 Stainless Steel  |
| 11        | 2    | A/R         | Adapter          | Engineering Thermoplastic  |
| 12        | A/R  |             | PAWT SEAL        | EPDM   |
| 13        | 1    | 52608       | Thrust Cone      | Engineering Thermoplastic  |


\* 2, each finished with length code 1, 2 & 3

## B.8. BOMBAS.

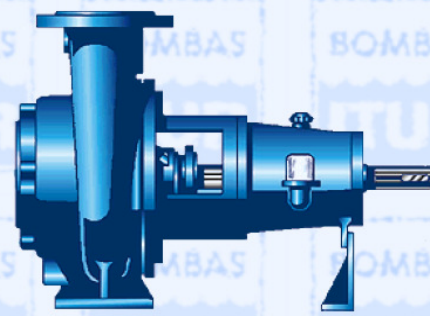
### B.8.1. Bomba de captación y trasvase depósito intermedio.

Bombas ITUR

**BOMBAS**



productos



**RW**

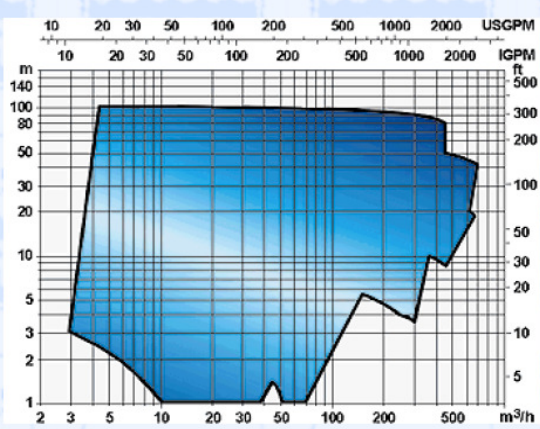
Bomba centrífuga de proceso. Permite impulsor vortex, semiabierto o de dos o tres canales. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura con diversos planes API. Rodamientos lubricados por aceite. Para fluidos limpios, o agresivos, o con un importante contenido de sólidos. Diseño de tipo proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

**Prestaciones máximas**

| concepto |                   | ejecución estándar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 65-200             | 65-200            |
| DNd      | mm                | 50-200             | 50-200            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 700                | 800               |
| H        | m                 | 100                | 140               |
| p        | bar               | 16                 | 16                |
| t        | °C                | -5 +120            | -15 +250          |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

**Ejecuciones Normalizadas**

|           |              |              |
|-----------|--------------|--------------|
| 00 GG-25  | 01 Mixta     | 02 Mistinox  |
| 03 Bronce | 04 Nodular   | 05 AISI-316  |
| 07 CA6NM  | 08 AISI-329  | 09 AISI-316L |
| 10 CN7M   | 12 Mistibras | 21 Impbron   |
| 22 Ejenox |              |              |



<http://www.itur.es/frames.htm> (1 de 2)14/05/2006 18:27:23

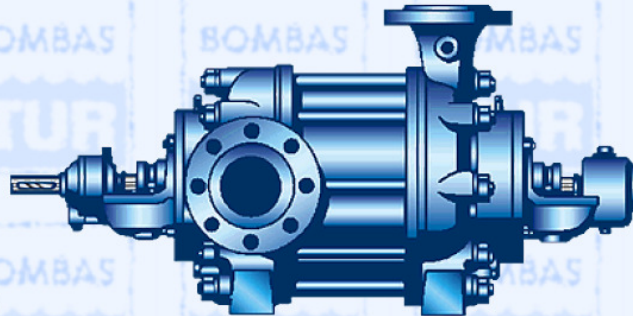


### B.8.2. Bomba de alta presión.

Bombas ITUR



productos



HP  
HPW

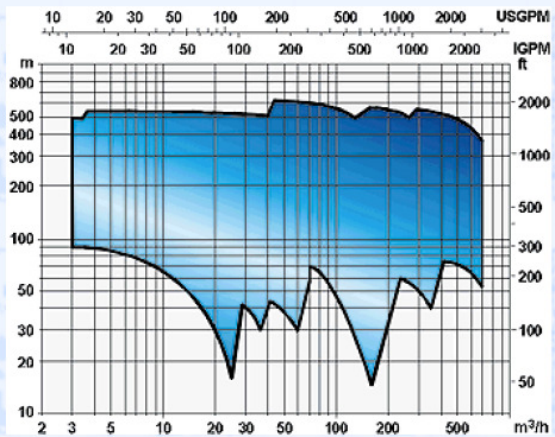
Bomba centrífuga multicelular horizontal de alta presión. Serie HP hasta 30 bar. Serie HPW hasta 60 bar con compensación hidráulica del empuje axial mediante platillo y contraplatillo. Impulsores cerrados. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura. Para bombeo de fluidos limpios o agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas.

Prestaciones máximas

| concepto |                   | ejecución estándar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 50-200             | 50-200            |
| DNd      | mm                | 40-150             | 40-150            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 700                | 800               |
| H        | m                 | 580                | 580               |
| p        | bar               | 60                 | 60                |
| t        | °C                | -5 +150            | -5 +230           |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

Ejecuciones Normalizadas

|    |          |    |         |
|----|----------|----|---------|
| 00 | GG-25    | 03 | Bronce  |
| 05 | AISI-316 | 21 | Impbron |



[ [p.principal](#) | [presentación](#) | [productos](#) | [servicios](#) | [ITUR en el mundo](#) | [formulario](#) ]

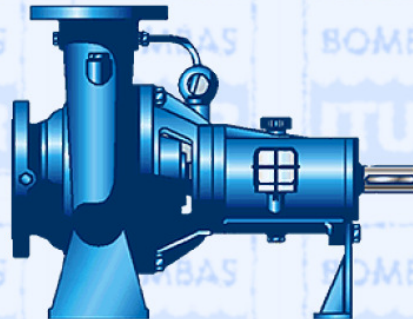
http://www.itur.es/frames.htm14/05/2006 20:40:09

**B.8.3. Bomba impulsión permeado y agua producto.**

Bombas ITUR



productos



**INP**

Bomba centrífuga de proceso ("medium duty"), según ISO-2858 y tamaños complementarios. Impulsor cerrado o semiabierto, permite inductor para mejorar el NPSHr. Rodamientos lubricados por aceite. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura con diversos planes API.

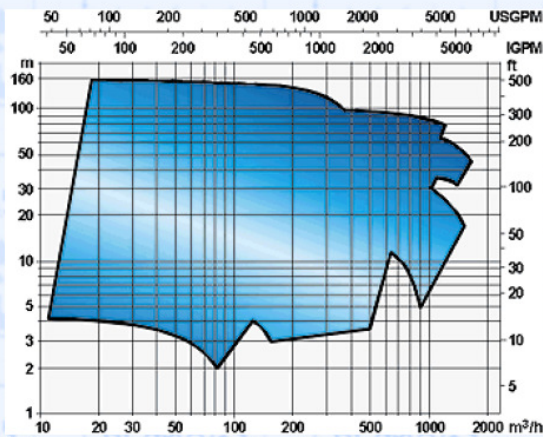
Fluidos limpios, o agresivos, o con partículas sólidas. Diseño de proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

**Prestaciones máximas**

| concepto |                   | ejecución estándar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 100-350            | 100-350           |
| DNd      | mm                | 80-300             | 80-300            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 1600               | 1600              |
| H        | m                 | 150                | 150               |
| p        | bar               | 16                 | 16                |
| t        | °C                | -5 +110            | -15 +200          |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

**Ejecuciones Normalizadas**

|              |            |             |
|--------------|------------|-------------|
| 00 GG-25     | 01 Mixta   | 02 Mistinox |
| 03 Bronce    | 04 Nodular | 05 AISI-316 |
| 06 Acero     | 07 CA6NM   | 08 AISI-329 |
| 09 AISI-316L | 10 CN7M    |             |



[ [p.principal](#) | [presentación](#) | [productos](#) | [servicios](#) | [ITUR en el mundo](#) | [formulario](#) ]

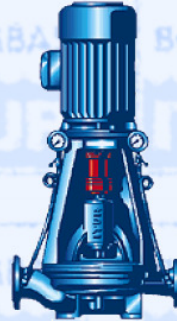
<http://www.itur.es/frames.htm29/05/2006 5:22:32>

### B.8.4. Bomba de sistema lavado membranas.

Bombas ITUR

**BOMBAS  
ITUR**

productos



IL

Bomba centrífuga vertical In-Line, con las bocas de aspiración e impulsión en línea.

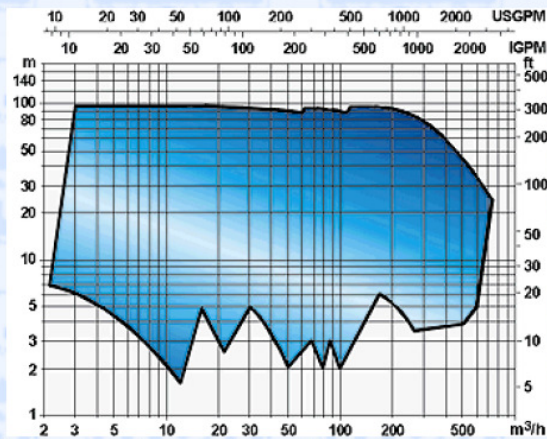
Impulsor cerrado. Sellado por cierre mecánico. Versión autocebante ILS que incorpora bomba auxiliar de cebado. Para fluidos limpios o ligeramente agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas. Diseño de tipo proceso que permite sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

Prestaciones máximas

| concepto |                   | ejecución estándar | otras ejecuciones |
|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| DNs      | mm                | 50-250             | 50-250            |
| DNd      | mm                | 32-200             | 32-200            |
| Q        | m <sup>3</sup> /h | 750                | 875               |
| H        | m                 | 95                 | 95                |
| p        | bar               | 10                 | 10                |
| t        | °C                | -5 +90             | -15 +140          |
| n        | min <sup>-1</sup> | 3000               | 3600              |

Ejecuciones Normalizadas

00 GG-25 01 Mixta 03 Bronce



[ [p.principal](#) | [presentación](#) | [productos](#) | [servicios](#) | [ITUR en el mundo](#) | [formulario](#) ]

<http://www.itur.es/frames.htm31/05/2006 11:55:54>

### B.8.5. Bomba dosificadora.

TrueDos® 222 D

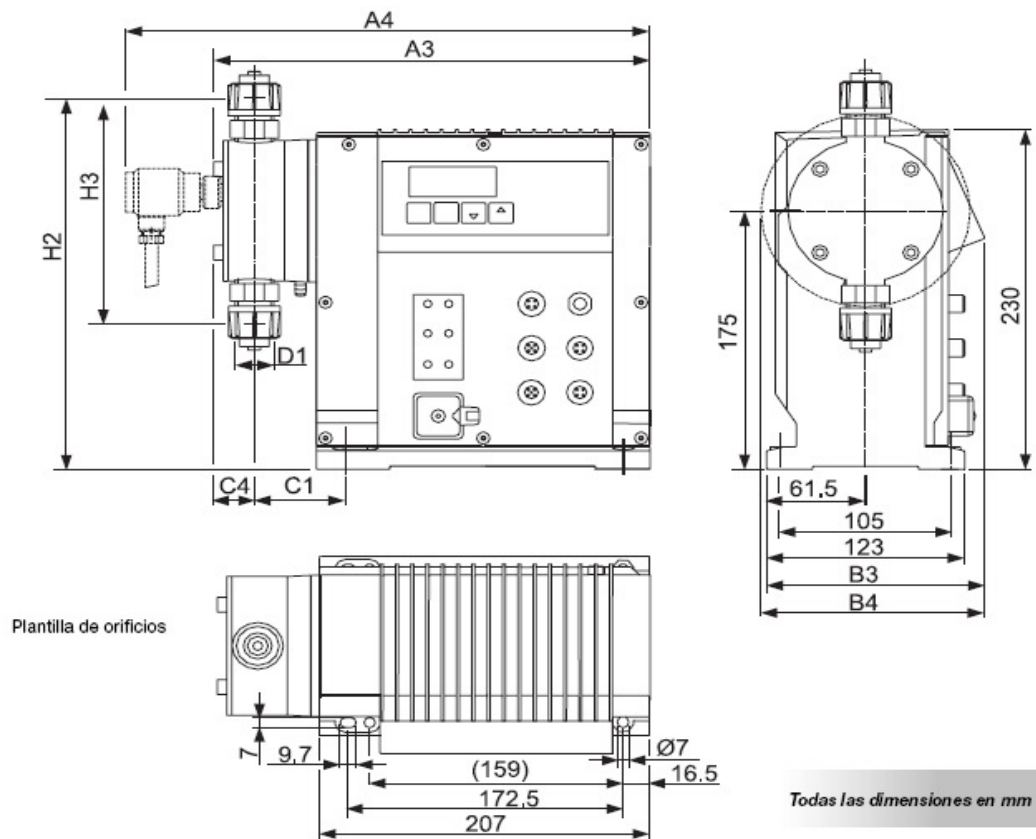
Bomba digital dosificadora de membrana

#### Tipos de bomba

- Con conexiones, cable y euroclavija
- Carreras por minuto: como máximo 180 en régimen normal, ó 120 en Slow Mode 1, ó 74 en Slow Mode 2

| Régimen normal |                           |              |                           | Slow Mode Nivel 1 |                           |              |                           | Slow Mode Nivel 2 |                           |              |                           | V <sub>carrera</sub><br>[m]<br>(p = 3 bares) | Nº de pedido |
|----------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--|--------------|
| Q<br>[l/h]     | p <sub>más</sub><br>[bar] | Q<br>[USg/h] | p <sub>más</sub><br>[psi] | Q<br>[l/h]        | p <sub>más</sub><br>[bar] | Q<br>[USg/h] | p <sub>más</sub><br>[psi] | Q<br>[l/h]        | p <sub>más</sub><br>[bar] | Q<br>[USg/h] | p <sub>más</sub><br>[psi] |  |              |
| 60             | 10                        | 15,87        | 145                       | 40                | 10                        | 10,58        | 145                       | 24,7              | 10                        | 6,53         | 145                       | 6,63   | 222-60D      |
| 150            | 4                         | 39,68        | 58                        | 100               | 4                         | 26,46        | 58                        | 62                | 4                         | 16,40        | 58                        | 13,9   | 222-150D     |

#### Dibujo acotado



| Tipos de bomba | Modelos para medios de alta viscosidad (HV) |     |     |     |    |    |          |     |     |    |    |          |     |     |
|----------------|---|-----|-----|-----|----|----|----------|-----|-----|----|----|----------|-----|-----|
|                | A3  | A4  | B3  | B4  | C1 | C4 | D1       | H2  | H3  | C1 | C4 | D1       | H2  | H3  |
| 222-60D        | 272   | 326 | 137 | -   | 58 | 26 | G 5/8"   | 252 | 153 | 90 | 39 | G 1 1/4" | 246 | 143 |
| 222-150D       | 315   | 372 | 137 | 139 | 90 | 39 | G 1 1/4" | 265 | 179 | 90 | 39 | G 1 1/4" | 265 | 179 |

Datos técnicos

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| <b>Introducción del rendimiento dosificador</b>               | Digital, mediante regulación de la velocidad de la carrera de dosificación<br>Rango de configuración: desde el 0,125% hasta el 100% del rendimiento dosificador máximo |  |   |  |
| <b>Conexiones</b>   | <b>Material de la conexión</b>   | <b>222-60D (DN 8)</b>  |   | <b>222-150D (DN 20)</b>  |
|   | PVC  | Tubo flex. PVC 6/12 (impulsión)<br>Tubo flexible PE 9/12 (aspiración) (*)<br>o tubo flexible PVC 10/12<br>o tubo flexible PE 1/2" (EE.UU.) |   | Tubo flexible PVC 13/20<br>Tubo PVC 20/25<br>Tubo flexible PVC 19/27<br>Tubo PVC 3/4" NPT (EE.UU.) |
|   | PP   | Tubo flexible PE 9/12 (*)<br>Tubo PP 12/16   |   | Tubo PP 20/25  |
|   | PVDF   | Tubo flexible PTFE 9/12<br>Tubo PVDF 12/16   |   | Tubo PVDF 20/25  |
|   | Acero inoxidable   | Tubo acero inox. R1/4"<br>1/4"NPT (EE.UU.)   |   | Tubo acero inox. R 3/4"<br>3/4"NPT (EE.UU.)  |
| <b>Precisión</b>  | Flujo de dosificación < ± 1,5%, linealidad < ± 1,5 %   |  |   |  |
| <b>Nivel de ruido</b>   | 65 ± 5 dB (A), inspección conforme a DIN 45635-01-KL3  |  |   |  |
| <b>Altura de aspiración máxima</b>                            | 6 m WS para medios con viscosidad similar a la del agua  |  |   |  |
| <b>Viscosidad máxima (modelo HV) a temperatura de trabajo</b> | 222-60D<br>222-150D  | <b>Régimen normal</b><br>200 mPa s<br>500 mPa s  | <b>Slow Mode 1</b><br>1000 mPa s<br>800 mPa s | <b>Slow Mode 2</b><br>2600 mPa s<br>2000 mPa s   |
| <b>Presión inicial máxima</b>                                 | 2 bares en el lado de aspiración   |  |   |  |
| <b>Contrapresión mínima</b>                                   | 1 bar (diferencia de presión con respecto al lado de aspiración)   |  |   |  |
| <b>Temperatura máxima</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura máxima de ambiente y de trabajo + 40° C</li> <li>• Temperatura de almacenamiento de -10° C a + 50° C</li> </ul>   |  |   |  |
| <b>Humedad relativa del aire máxima</b>                       | Hasta 92 %, sin condensado   |  |   |  |
| <b>Accionamiento, voltaje del motor</b>                       | AC 110- 240 V ±10%, 50/60 Hz, consumo de potencia 50 W (incluido todos los sensores)   |  |   |  |
| <b>Material de la carcasa</b>                                 | Bomba y sistema electrónico, PPE/PS 20% fibra de vidrio reforzada<br>Opción: carcasa protegida contra las llamas   |  |   |  |
| <b>Tipo de protección</b>                                     | IP 65  |  |   |  |
| <b>Peso</b>   | 222-60D PVC, PP, PVDF: 5 kg / acero inoxidable: 7 kg<br>222-150D PVC,PP, PVDF: 7,5 kg / acero inoxidable: 12 kg  |  |   |  |

(\*) Contrapresión máxima: 9 bares

Modelos de cabezal dosificador y válvula

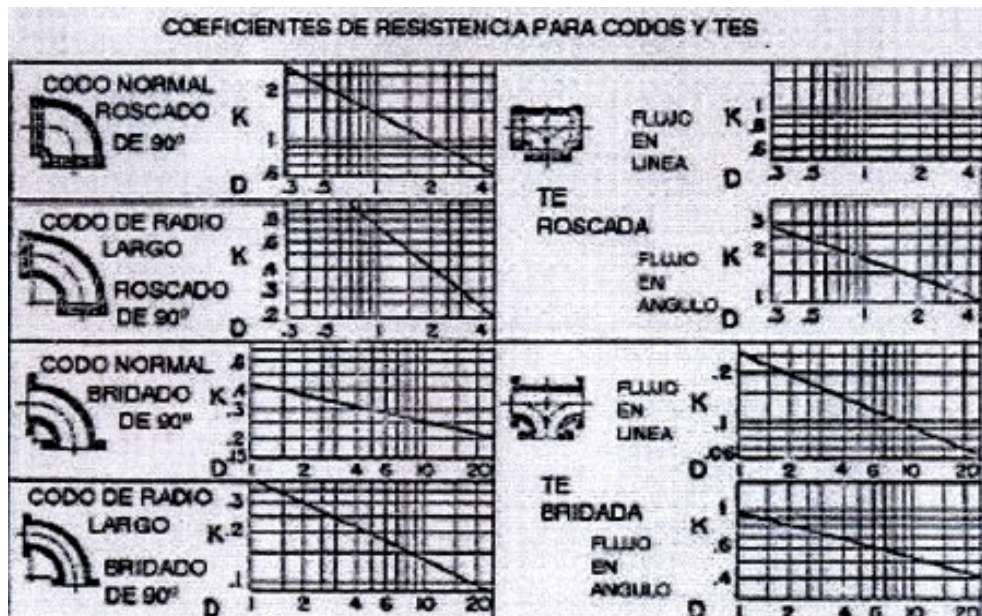
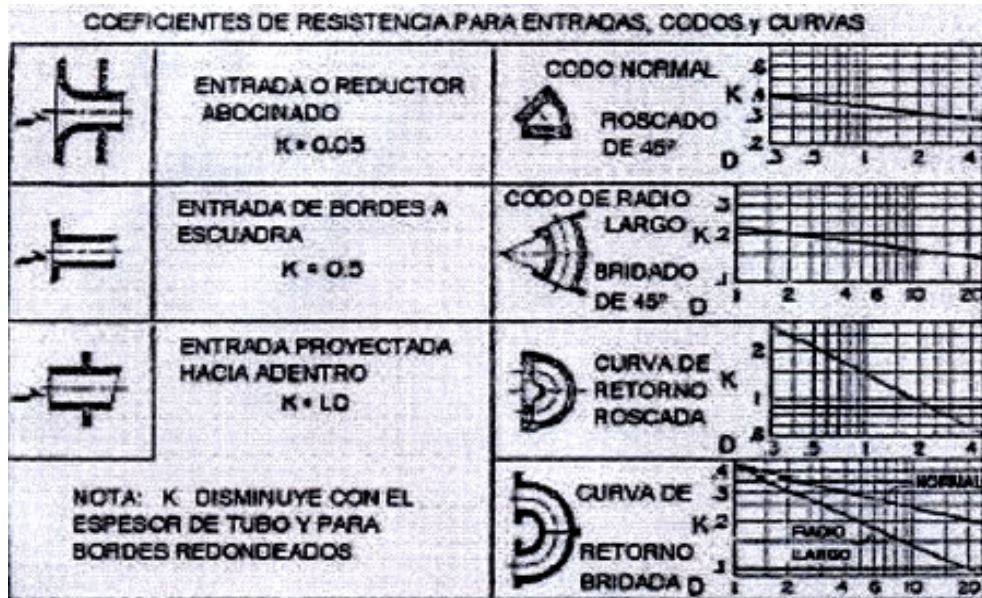
| Materiales          |                   |       |                    |                 | Posibles opciones para el cabezal dosificador |  |                         |                    |  |
|---------------------|-------------------|-------|--------------------|-----------------|---|--|-------------------------|--------------------|--|
| Cabezal dosificador | Cuerpo de válvula | Junta | Asiento de válvula | Bola de válvula | Válvulas especiales                           |  | Supervisión integrada   |                    |  |
|                     |                   |       |                    |                 | Válvula de presión con resorte                | Válvulas para medios viscosos (**) DN 20 | Supervisión de membrana | Flow Monitor (***) | Supervisión de membrana + Flow Monitor (***) |
| PVC                 | PVC               | Viton | Viton              | Vidrio          | ✓   | -  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| PVC (*)             | PVC               | EPDM  | EPDM               | Acero inox      | ✓   | ✓  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| PP                  | PP                | Viton | Viton              | Vidrio          | ✓   | -  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| PP                  | PP                | EPDM  | EPDM               | PTFE            | ✓   | -  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| PVDF                | PVDF              | PTFE  | PTFE               | PTFE            | ✓   | -  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| Acero inox          | Acero inox        | Viton | Acero inox         | Acero inox      | ✓   | ✓  | ✓                       | ✓                  | ✓  |
| Acero inox          | Acero inox        | PTFE  | Acero inox         | Acero inox      | ✓   | ✓  | ✓                       | ✓                  | ✓  |

(\*) Modelo de válvula para lejía de sosa NaOH

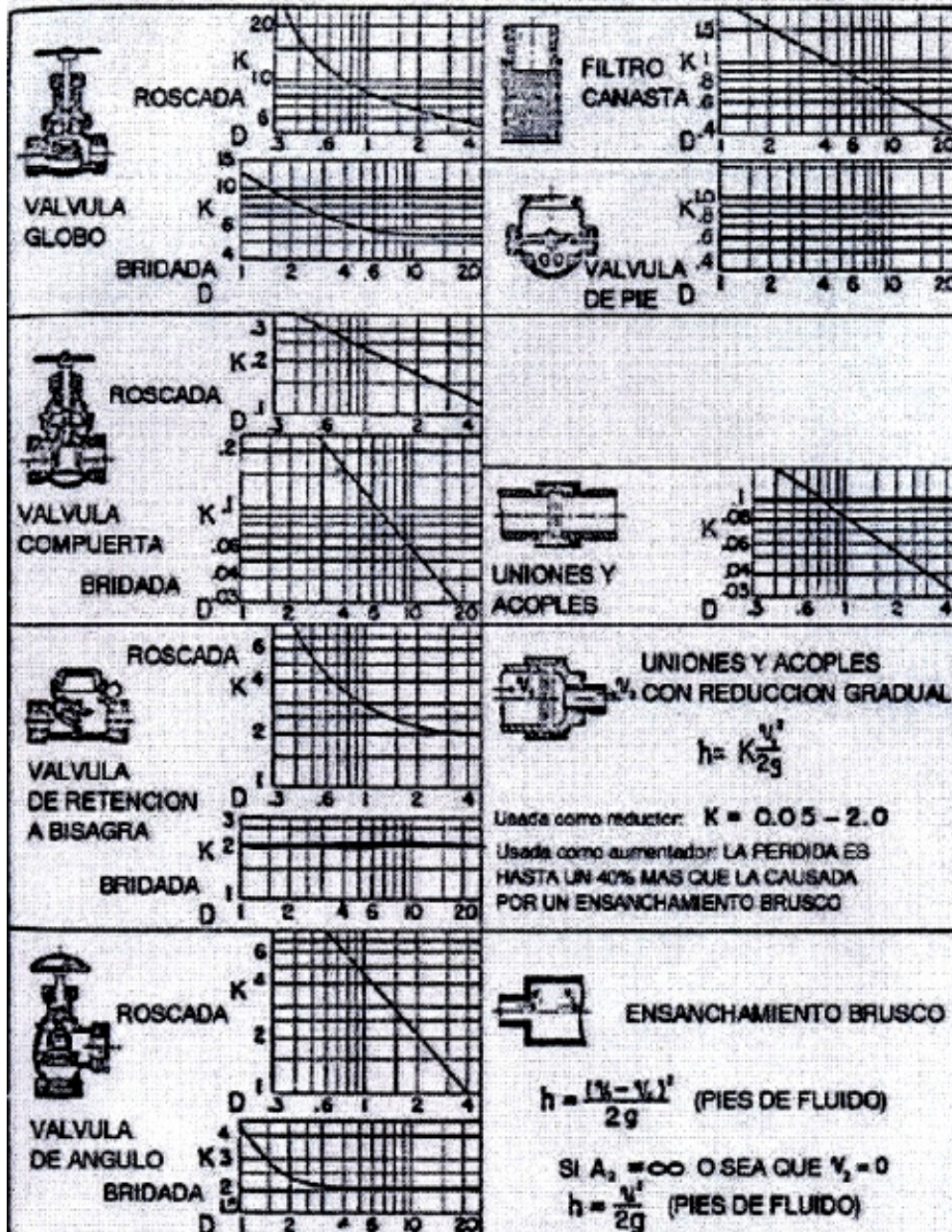
(\*\*) Lado de aspiración: válvula con bola de acero, lado de impulsión: válvula de resorte con bola de acero

(\*\*\*) Opción Flow Monitor disponible a partir de marzo de 2006

### B.9. CONSTANTE "K" PARA ACCESORIOS. METODOS DE LAS CARGAS DE VELOCIDAD.

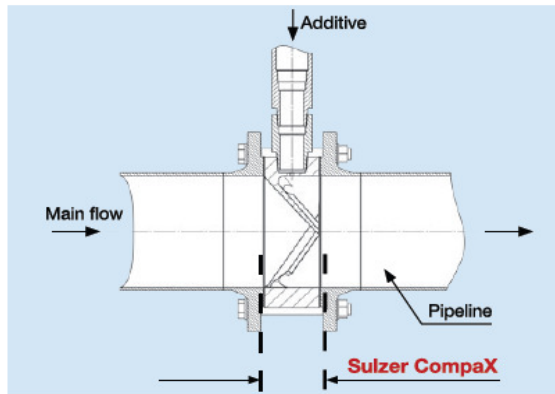


COEFICIENTES DE RESISTENCIA PARA VALVULAS, UNIONES Y ACOPLES



## B.10. MEZCLADOR ESTÁTICO.

### Sulzer CompaX Technology

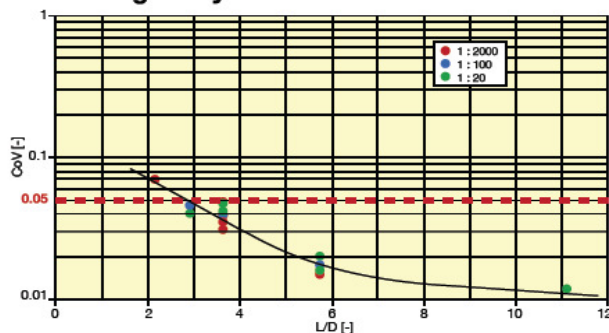


#### Applications

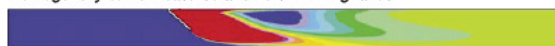
There are many potential application areas for the Sulzer CompaX:

- concentration and temperature equalisation of low-viscosity liquids and gases
- mixing of additives
- dilution of concentrates
- water and wastewater treatment (adjustment of pH value, mixing of flocculation agents, neutralisation processes using acids or caustic solutions)
- concentration- and flow equalisation for an accurate representative sampling from a single point downstream the mixer
- etc.

#### Homogeneity data



Homogeneity curve measured at different mixing ratios



Calculation of the homogeneity with CFD (Computational Fluid Dynamics)

#### Pressure drop ( $\Delta p$ )

The pressure drop can be calculated as follows:

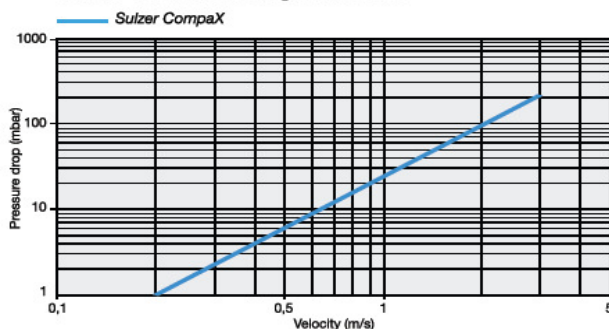
$$\Delta p = 0.022 \rho v^2$$

$\Delta p$  = pressure drop (mbar)

$\rho$  = density (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = velocity (m/s)

In the case of water, the relevant pressure drop value can be seen in the diagram below.



#### Design features

The Sulzer CompaX consists of a mixer with an integrated dosing point. The dosing point is designed for the mixing of an additive into a primary stream at ratios ranging from 1 to 3.

The mixer is installed in the pipe, mounted between two flanges (DIN 2633 or ANSI B16.5). The overall installation length is equivalent to less than half of the actual pipe diameter.

The Sulzer CompaX is available in the following materials:

- Stainless steel (1.4571)
- Polypropylene (PP)
- FRP for diameters > DN 500
- other materials on request

For mixing ratios > 1 to 3 and nominal diameters DN > 100 mm flanged versions are available.

Pressure rating: Stainless steel = 16 bar @ 120 °C  
PP = 10 bar @ 20 °C



## B.11 TARIFAS ELÉCTRICAS.

42588

Miércoles 28 diciembre 2005

BOE núm. 310

### ANEXO I

#### 1. Relación de tarifas básicas con los precios de sus términos de potencia y energía.

| TARIFAS Y ESCALONES DE TENSIÓN                       | TÉRMINO DE POTENCIA | TÉRMINO DE ENERGÍA |
|--|---------------------|--------------------|
|  | Tp: €/kW mes        | Te: €/kWh          |
| <b>BAJA TENSIÓN</b>                                  |                     |                    |
| 1.0 Potencia hasta 770 W                             | 0,277110            | 0,062287           |
| 2.0 General, potencia no superior a 15 kW (1)        | 1,526588            | 0,086726           |
| 3.0 General  | 1,494345            | 0,087479           |
| 4.0 General de larga utilización                     | 2,386986            | 0,079941           |
| B.0 Alumbrado público                                | 0,000000            | 0,076656           |
| R.0 De riegos agrícolas                              | 0,350846            | 0,081422           |
| <b>ALTA TENSIÓN</b>                                  |                     |                    |
| <b>Tarifas generales:</b>                            |                     |                    |
| Corta utilización:                                   |                     |                    |
| 1.1 General no superior a 36 Kv                      | 2,080892            | 0,069673           |
| 1.2 General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV.  | 1,967873            | 0,065419           |
| 1.3 General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV. | 1,901391            | 0,063491           |
| 1.4 Mayor de 145 kV                                  | 1,848206            | 0,061362           |
| Media utilización:                                   |                     |                    |
| 2.1 No superior a 36 kV                              | 4,281454            | 0,063557           |
| 2.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV           | 4,048766            | 0,059502           |
| 2.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV          | 3,915801            | 0,057773           |
| 2.4 Mayor de 145 kV                                  | 3,816077            | 0,055912           |
| Larga utilización:                                   |                     |                    |
| 3.1 No superior a 36 kV                              | 11,368455           | 0,051192           |
| 3.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV           | 10,630503           | 0,048199           |
| 3.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV          | 10,304740           | 0,046340           |
| 3.4 Mayor de 145 kV                                  | 9,992273            | 0,045075           |
| <b>Tarifas T. De Tracción:</b>                       |                     |                    |
| T.1 No superior a 36 kV                              | 0,651711            | 0,072885           |
| T.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV           | 0,598510            | 0,068562           |
| T.3 Mayor de 72,5 kV                                 | 0,585212            | 0,066435           |
| <b>Tarifas R. De Riegos Agrícolas:</b>               |                     |                    |
| R.1. No superior a 36 kV                             | 0,532010            | 0,072952           |
| R.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV           | 0,505407            | 0,068696           |
| R.3 Mayor de 72,5 Kv                                 | 0,478809            | 0,066369           |
| <b>Tarifa G.4 de grandes consumidores</b>            |                     |                    |
|  | 10,726640           | 0,011837           |
| <b>Tarifa venta a distribuidores (D)</b>             |                     |                    |
| D.1: No superior a 36 kV                             | 2,363942            | 0,049998           |
| D.2: Mayor de 36 Kv, y no superior a 72,5 kV         | 2,231449            | 0,047697           |
| D.3: Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV         | 2,175662            | 0,046023           |
| D.4: Mayor de 145 kV                                 | 2,105930            | 0,044768           |

- (1) 1. A esta tarifa cuando se aplique el complemento por discriminación horaria nocturna (Tipo 0) no se aplicarán los recargos o descuentos establecidos en el punto 7.4.1 (Tipo 0) del Título I del Anexo I de la Orden de 12 de enero de 1995, sino que se aplicarán directamente los siguientes precios a la energía consumida en cada uno de los periodos horarios:
- Energía consumida día (punta y llano): 0,089094 €/kWh de término de energía
  - Energía consumida noche (valle): 0,040402 €/kWh de término de energía.
2. A esta tarifa cuando no se aplique el complemento por discriminación horaria nocturna (Tipo 0) y el consumo de un bimestre sea superior a 1.300 kWh, se aplicará a la energía consumida por encima de dicha cuantía un recargo de 0,013 €/kWh en exceso consumido. Para ello la facturación debe corresponder a lecturas reales de contador.

# ANEXO C

# ESTUDIO

# ECONÓMICO DE

# EXPLOTACIÓN

## **ÍNDICE ESTUDIO ECONÓMICO DE EXPLOTACIÓN**

- 1. RESUMEN COSTES FIJOS.**
- 2. COSTES DE OPERACIÓN.**
  - 2.1. Reactivos químicos.**
  - 2.2. Energía eléctrica.**
  - 2.3. Mano de obra.**
  - 2.4. Coste total de operación.**
- 3. BENEFICIO BRUTO ANUAL.**
- 4. TIEMPO DE AMORTIZACIÓN Y RENTABILIDAD.**

## 1. RESUMEN COSTE DE EQUIPOS.

Del documento Presupuesto se extraen tanto los costes directos como indirectos serán:

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| Coste de la instalación            | 1.975.303,67 € |
| Coste de instrumentación y control | 256.789,48 €   |
| Coste de las tuberías              | 651.850,21 €   |
| Coste de instalación eléctrica     | 177.777,33 €   |
| Coste de edificios y servicios     | 553.085,03 €   |
| Coste Total                        | 3.614.805,72 € |

Tabla C.1.1. Costes directos de la instalación.

De lo que se desprende que el coste total de la planta física 3.614.805,72 €

|   |                |
|---|----------------|
| Coste ingeniería  | 592.591,10 €   |
| Coste honorarios, gastos indirectos, utilidad del contratista | 158.024,29 €   |
| Costes de contingencias                                       | 711.109,32 €   |
| Costes de construcción e instalación                          | 1.185.182,20 € |
| Coste total   | 2.646.906,92 € |

Tabla C.1.2. Costes indirectos de la instalación.

La suma de todo lo anterior será la inversión en capital fijo necesario para la puesta en marcha de la Estación Desaladora, dará un total de 6.261.712,63 € (SEIS MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y UN MIL SETECIENTOS DOCE EUROS Y SESENTA Y TRES CÉNTIMOS).

## 2. COSTES DE OPERACIÓN.

Son los costes originados una vez construida la planta debidos a su funcionamiento, para su cálculo se supone un periodo de 330 días de actividad por año. Se dividirán en tres.

### 2.1. Reactivos químicos.

Los reactivos químicos se utilizan para controlar o conferir propiedades del agua tratada con los mismos. Su consumo anual y coste unitario nos dará su coste total anual.

| DESCRIPCIÓN        | UNIDAD | MEDICIÓN   | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL        |
|--------------------|--------|------------|-----------------|---------------------|
| Ácido sulfúrico    | Kg/año | 82.482,048 | 0,18            | 14.846,77 €         |
| Bisulfito sódico   | Kg/año | 72.833,904 | 0,11            | 8.011,73 €          |
| Cloruro férrico    | Kg/año | 31.714,848 | 0,31            | 9.831,60 €          |
| Hipoclorito sódico | Kg/año | 13.452,516 | 0,35            | 4.708,38 €          |
| Hidróxido cálcico  | Kg/año | 123.837,12 | 0,325           | 40.247,06 €         |
| Genesys HR         | Kg/año | 9.904,95   | 6               | 59.429,70 €         |
| Genesol 37         | Kg/año | 1.257,6    | 4               | 5.030,40 €          |
| <b>TOTAL</b>       |        |            |                 | <b>142.105,65 €</b> |

Tabla 2.1.1. Coste reactivos químicos.

Para el consumo del reactivo usado en la limpieza de las membranas se supone una limpieza por año.

El coste total debido a los reactivos químicos en el marco temporal de un año asciende a la cantidad 142.105,65 €

Teniendo en cuenta que la planta tendrá una producción de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día, y por tanto 4.961.213,4 m<sup>3</sup>/año de agua desalada, el gastos de reactivos será 0,0286 €/m<sup>3</sup> de agua desalada.

## 2.2. Energía eléctrica.

El consumo de energía eléctrica será el debido al producido por las bombas. En lo concerniente a la bomba de alta presión se tomará como consumo la potencia resultante de la recuperación de energía por la turbina.

Para realizar el cálculo se hallará consumo en KWh de cada uno de ellos por año y se tomará como coste de energía eléctrica los precios de la tarifa 3.1 de larga duración, los cuales se publicaron en el BOE el miércoles 28 de Diciembre de 2005. se estipuló como del precio 0,051192 €/KWh. En citado número de BOE se puede ver en el apartado B.11 del Anexo B: Datos Técnicos.

| BOMBAS                        | CONSUMO UNITARIO | Nº Ud | CONSUMO TOTAL        | COSTE TOTAL           |       |
|-------------------------------|------------------|-------|----------------------|-----------------------|-------|
|                               | KWh              |       | KWh                  | 0,011837              | €/KWh |
| Bombas de captación           | 201.284,64       | 4     | 805.138,57           | 41.216,65 €           |       |
| Bombas impulsión alimentación | 291.208,09       | 2     | 582.416,17           | 29.815,05 €           |       |
| Bombas alta presión           | 4.268.858,94     | 4     | 17.075.435,75        | 874.125,71 €          |       |
| Bombas permeado               | 525.188,67       | 1     | 525.188,67           | 26.885,46 €           |       |
| Bombas agua producto          | 1.518.461,48     | 1     | 1.518.461,48         | 77.733,08 €           |       |
| Bombas agua servicio          | 114,34           | 1     | 114,34               | 5,85 €                |       |
| Bomba lavado membranas        | 396,00           | 7     | 2.772,00             | 141,90 €              |       |
| Bombas dosificadoras          | 201.284,64       | 4     | 805.138,57           | 41.216,65 €           |       |
| <b>TOTAL</b>                  |                  |       | <b>20.509.526,98</b> | <b>1.049.923,70 €</b> |       |

Tabla 2.2.1. Coste energía eléctrica.

El coste total en energía eléctrica como se aprecia en la tabla anterior en el marco temporal de un año será por una cantidad de 1.049.923,70 €. El consumo de energía eléctrica por metro cúbico de agua desalada será de 4,13

KWh. Refiriendo el coste de energía eléctrica a la producción anual de la planta se obtiene 0,21 €/m<sup>3</sup> de agua desalada.

### 2.3. Mano de obra.

El número de personal de la Planta Desaladora depende del tamaño de la misma y su grado de automatización. En este caso se aprecia que con una dedicación exclusiva en la planta debe existir una plantilla compuesta por:

- ❖ 1 jefe de planta.
- ❖ 1 administrativo.
- ❖ 11 Oficiales de 1ª.

La jornada laboral será de ocho horas para todo el personal. El jefe de planta y administrativo harán su turno en horario de oficina, para oficiales de primera se establecerá un ciclo de tres turnos diarios, donde cada día trabajan nueve oficiales de primera y dos descansan.

| CLASE PROFESIONAL | Nº PERSONAS | COSTE UNITARIO ANUAL | COSTE TOTAL €       |
|-------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| Jefe de planta    | 1           | 32.500,00 €          | 32.500,00 €         |
| Administrativo    | 1           | 20.500,00 €          | 20.500,00 €         |
| Oficial de 1ª     | 11          | 22.500,00 €          | 247.500,00 €        |
| <b>TOTAL</b>      |             |                      | <b>300.500,00 €</b> |

Tabla 3.3.1. Coste mano de obra.

El coste total por mano de obra durante un año será 300.500,00 € (TRESCIENTOS MIL QUINIENTOS EUROS) y en base a la producción 0,06 €/m<sup>3</sup> de agua desalada.

## 2.4. Mantenimiento.

Los gastos anuales de mantenimiento se considerarán por norma con un valor igual al 3% de los costes directos alcanzando un valor de 108.450,24 €, 0,0219 €/m<sup>3</sup> de agua desalada.

## 2.5. Coste total de operación.

El coste total de la operación de la planta será la suma de los costes obtenidos para reactivos químicos, energía eléctrica y mano de obra. Así el coste total anual tendrá un valor de 1.600.973,53 € (UN MILLÓN SEISCIENTOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y TRES EUROS Y CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS) y dará una cuantía de 0,323 €/m<sup>3</sup> de agua desalada.

La relevancia de unos frente a otros y el tanto por ciento que aportan al total se puede ver en la gráfica siguiente.

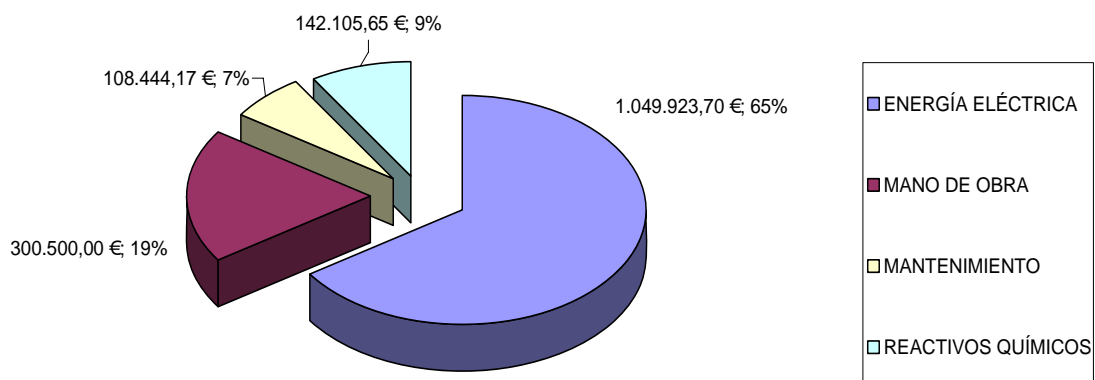


FIGURA 2.5.1. Costes de operación.



### 3. BENEFICIO BRUTO ANUAL.

El beneficio bruto anual que se define como la diferencia entre los ingresos por ventas y el coste de operación. El coste total de operación del apartado anterior será de 1.600.973,53 € y los ingresos por ventas serán:

$$I = 15.033,98 \text{ m}^3/d \times 330 \text{ días} \times 0,65 \text{ €/m}^3 = 3.224.788,71 \text{ €}$$

Hallando la diferencia, el beneficio bruto anual de la Planta Desaladora objeto del presente proyecto es de 1.623.815,18 €, un 51% de los ingresos por ventas.

### 4. TIEMPO DE AMORTIZACIÓN Y RENTABILIDAD.

El tiempo de amortización se especifica como el cociente entre la inversión necesaria en capital fijo y el beneficio bruto anual para la planta. De tal manera que el tiempo amortización será:

$$t_A = \frac{\text{Inversión capital fijo}}{\text{Beneficio bruto anual}} = \frac{6.261.712,63 \text{ €}}{1.623.815,18 \text{ €}} = 3,85 \text{ años}$$

Se deduce que la inversión en capital fijo hecha para la construcción de la Instalación de Desalación se recuperará en 4 años, y la rentabilidad de la inversión será por tanto suponiendo unos gastos de comercialización e impuestos del 62,24% sobre el beneficio bruto anual:

$$R = \frac{\text{beneficio bruto anual} - (\text{impuestos} + \text{costes comercialización})}{\text{inversión capital fijo} / \text{N}^\circ \text{ años amortización}} \times 100$$

$$R = \frac{1.623.815,18 \text{ €} - 0,4 \times 1.623.815,18 \text{ €}}{6.261.712,63 / 4 \text{ años}} \times 100$$

$$R = \frac{0,6 \times 1.623.815,18 \text{ €}}{6.261.712,63 / 4 \text{ años}} \times 100 = 62,24\%$$

# ANEXO D

# ESTUDIO

# DEL IMPACTO

# AMBIENTAL Y

# SOCIAL

## **ÍNDICE ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL**

### **D.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.**

- D.1.1. Métodos previstos para identificar los efectos.**
- D.1.2. Acciones del proyecto susceptibles de producir impactos.**
- D.1.3. Factores del medio susceptibles de recibir impactos.**
- D.1.4. Descripción de la identificación de impactos.**

### **D.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.**

- D.2.1. Metodología.**
- D.2.2. Descripción de la caracterización de impactos.**

### **D.3. VALORACIÓN DE IMPACTOS.**

- D.3.1. Cálculo del Índice de Incidencia y de la magnitud del impacto.**
- D.3.2. Totalización de impactos.**

### **D.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL.**

### **D.5. COMPROBACIÓN AMBIENTAL.**

## **D.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.**

### **D.1.1. Métodos previstos para identificar los efectos.**

La metodología prevista para evaluar los posibles efectos ambientales por la obra de la planta desaladora y su toma de agua, se encuentran dentro del marco de reglamentación para la ejecución del Real Decreto Ley 9/2000, de 6 de octubre, que modifica el Real Decreto Legislativo 1302/1986 y su reglamento (Real Decreto 1131/1988), de evaluación de impacto ambiental.

Los métodos a seguir irán encaminados a la localización e identificación tanto de los factores del medio susceptibles de recibir impactos, como de las acciones del proyecto susceptibles de causar dichos impactos, y su final caracterización, lo que determinará los índices de incidencias y a su vez las magnitudes de cada impacto.

La evaluación sobre los efectos previstos, así como para las estimaciones de los diferentes impactos ambientales se clasificarán dependiendo de los diferentes procesos de la actuación, diferenciándose entre las siguientes fases:

- ❖ Fase de construcción
- ❖ Fase de funcionamiento

### **D.1.2. Acciones del proyecto susceptibles de producir impactos.**

En este apartado se definen todas aquellas acciones del proyecto que pueden originar un impacto sobre el medio, considerando las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.

❖ Fase de construcción:

➤ Presencia de las estructuras y maquinaria; se refiere a los impactos debidos tanto a la presencia y desplazamientos de la maquinaria pesada necesaria para los diferentes trabajos así como cualquier otro tipo de estructura que se utilice.

➤ Realización de las perforaciones verticales y colocación de tuberías; referido a todas las acciones de perforación y posterior colocación, ensamblaje y fijación de las piezas de tubería que constituirá la toma de agua.

➤ Realización de acciones de limpieza, excavaciones, preparado del terreno y construcción de la planta; se refiere al acondicionamiento de la parcela para la planta desaladora, como creación de accesos, y a la propia construcción.

➤ Tráfico embarcaciones; se refiere al impacto originado por el tráfico de embarcaciones realizando las tareas de colocación de la tubería de vertido de salmuera y otros tipos de desecho, como consecuencia del vertido de hidrocarburos, así como por la emisión de ruidos y humos.

➤ Tráfico de vehículos; se refiere al impacto creado por el tráfico de vehículos en las obras de construcción de la desaladora, incluye la emisión de ruidos y humos.

❖ Fase de funcionamiento.

➤ Presencia de la instalación; se refiere al impacto originado por la el funcionamiento de la planta desaladora. Principalmente sus vertidos de salmuera, pero sin olvidar otros vertidos como el agua de lavado de las membranas y aditivos provenientes del pre/post-tratamiento del agua bruta/producto.

➤ También incluye el consecuente ruido de las bombas tanto de la toma de agua como de la planta y la posibilidad de extracción de niveles de agua de acuíferos continentales.

➤ Tareas de mantenimiento; se refiere a los efectos producidos por el propio funcionamiento o por las tareas relacionadas con la supervisión, reparación y mantenimiento de cualquier componente de la planta.

En este estudio no se van a estudiar los impactos positivos de una desaladora, pues ese no es el objetivo del mismo, pero si que conviene citarlos y tener presentes dichos impactos:

➤ Proporciona agua dulce allí donde el abastecimiento es escaso o nulo, y constituye un complemento a otras fuentes de suministro.

➤ Aumenta las oportunidades de desarrollo económico en las zonas costeras, garantizando un suministro regular de agua para actividades industriales, agrícolas y de abastecimiento público.

➤ Es una alternativa local a la realización de obras de infraestructura de mayor coste económico o ambiental, como grandes embalses o transferencias hidráulicas, que pueden traer consigo impactos de mayor intensidad o extensión.

➤ No se ve afectado por las fluctuaciones climáticas y constituye una garantía de abastecimiento bajo situaciones de emergencia (sequías).

➤ Contribuye a mitigar la sobreexplotación de recursos no renovables como las aguas subterráneas, permitiendo la recuperación de los acuíferos costeros y previniendo los procesos de intrusión salina.

➤ Posibilita la utilización de energías renovables (eólica, solar), para la producción de agua desalada, erigiéndose en una alternativa a otros sistemas de mayor impacto ambiental.

### **D.1.3. Factores del medio susceptibles de recibir impactos.**

Aquí se definen todos los elementos del medio físico, biótico, perceptivo y socioeconómico que puedan verse afectados por los impactos originados por las diferentes acciones.

#### ❖ Medio físico:

- Acuífero; posibles afecciones de acuíferos.
- Suelo; posibles afecciones en la modificación de la estructura y composición del suelo y sus efectos derivados.
  - Calidad del agua; se refiere a las posibles perturbaciones de los parámetros fisicoquímicos que caracterizan la calidad del agua y los efectos derivados de éstas.
  - Calidad del sedimento; se refiere a las posibles perturbaciones de la calidad de los sedimentos y los efectos derivados de éstas.

#### ❖ Medio biótico:

- Fauna terrestre: posibles afecciones a la fauna terrestre y en especial a las aves.
- Arenas mediolitorales; posible impacto sobre las comunidades mediolitorales de playa y otros tipos de fondos blandos.
- Arenas infralitorales; posibles impactos sobre las comunidades de arenas infralitorales.
- Arenas fangosas con Facies de *Caulerpa prolifera*; posibles impactos sobre la Facies de *Caulerpa prolifera* localizada sobre las arenas fangosas.
- Algas fotófilas infralitorales; posibles impactos sobre las comunidades de fondos rocosos infralitorales.
- Pradera de *Posidonia oceánica*; posibles impactos sobre la estructura espacial y biocenosis de la pradera de *Posidonia oceánica*.

❖ Medio perceptivo:

- Paisaje; afectación sobre la calidad paisajística de la zona.

❖ Medio socioeconómico:

➤ Se refiere a la influencia de las posibles perturbaciones del medio sobre las diferentes actividades socioeconómicas de la zona, sin entrar en la repercusión económica que pueda generar sobre dichas actividades. La evaluación de impacto ambiental debe limitarse a analizar aquellos componentes de carácter puramente de tipo ambiental ya que, la valoración de la repercusión de las actividades económicas es competencia del órgano competente de la Administración correspondiente.

➤ Población-Turismo; se refiere a las posibles perturbaciones que puedan afectar a la población residente o visitante de la zona, excluyendo la asociada al resto de factores socioeconómicos.

➤ Calidad de baño; posibles alteraciones de la calidad del agua con vistas a su uso para el baño. Este factor queda finalmente incluido a la hora de la identificación y caracterización de los impactos, dentro del "Turismo".

❖ Otros:

➤ Patrimonio cultural; posible influencia del proyecto sobre los Bienes de Interés Cultural presentes en la zona. Considerando bienes de interés cultural en la zona de estudio, y de la existencia de restos arqueológicos submarinos.

➤ Planificación Territorial; existencia de posibles interacciones de los emplazamientos del proyecto con la planificación urbanística y territorial en la zona, como son por ejemplo los LIC (Lugares de Interés Comunitario).

#### **D.1.4. Descripción de la identificación de impactos.**

En primer lugar se procede a identificar todos los elementos del medio físico (presencia de acuífero, calidad del agua marina, calidad del sedimento,



dinámica litoral), del medio biótico (fauna y flora terrestres en lo referente al medio biocenosis terrestre; y arena mediolitoral, rocas infralitorales, fondos arenosos, praderas de *Caulerpa prolifera*, pradera de *Posidonia oceánica*, en lo referente a biocenosis marina), del medio socioeconómico (turismo), de la planificación territorial y del paisaje, susceptibles de ser impactados por las actividades propias de las instalaciones, tanto en su fase de construcción (construcción de la planta, realización de las perforaciones y colocación de tuberías y emisarios, presencia de la maquinaria y tráfico de embarcaciones) y fase de funcionamiento (presencia de la instalación y tareas de mantenimiento).

Posteriormente, se procede a evaluar si se verán afectados y por cuáles de las actividades que se realizarán se ven afectados.

Durante la fase de instalación se han previsto los mayores impactos y el mayor número de elementos impactados, siendo los más importantes los referidos a las perforaciones, preparación del terreno e instalación de emisarios submarinos, ya que éstos afectan a la calidad del agua, calidad del sedimento, a las comunidades de algas fotófilas infralitorales, facies de *Caulerpa prolifera*, e incluso podría afectar a partes de comunidades de *Posidonia*; también puede producir un perjuicio de la calidad del agua para el baño, para la población y para el turismo. Aunque la técnica de construcción y el propio diseño de la toma de agua, hace que el desarrollo de esta fase sea de menor impacto que cualquier otra posibilidad.

En la construcción de la planta, la maquinaria pesada y los vehículos necesarios producirán emisiones de partículas a la atmósfera, aumento de la presión sonora y contaminación del suelo por el posible derrame de hidrocarburos.

Además hay que considerar dos impactos que comienzan en la fase de construcción y se mantiene en la fase de funcionamiento, son la pérdida de hábitat de la fauna debido a los terrenos que ocupa la desaladora y la pérdida de calidad paisajística.

Por su parte, la maquinaria empleada para la obra puede producir unos impactos sobre el medio perceptivo y sobre la población; y, finalmente el tráfico marítimo necesario para el desarrollo de la actuación, podrá tener efectos también sobre la calidad del agua, el turismo y en el paisaje.

Durante la fase de funcionamiento, el ruido procedente de la planta desalinizadora, tanto bombas como proceso, unido a las bombas de impulsión del agua marina pueden producir impacto sobre la población, al poder producir un aumento de las emisiones sonoras en el área próxima; mientras que la propia captación de agua mediante los pozos podría generar la posibilidad de intrusión en un acuífero continental. En esta fase como dijimos también se prolonga el efecto de la pérdida de calidad del paisaje. Por su parte, las tareas de mantenimiento tendrán efecto sobre la calidad del sedimento.

## **D.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.**

### **D.2.1. Metodología.**

El Capítulo II, del Reglamento de 28 de junio sobre evaluación de Impacto Ambiental es bastante preciso sobre las características que deben ser consideradas en la caracterización. A este respecto indica “...*Se distinguirán los efectos positivos de los negativos, los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos, los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los irrecuperables de los recuperables; los periódicos de los de aparición irregular, los continuos de los discontinuos*” y prosigue “... *Se indicarán los impactos compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto*”.

De forma abreviada se definen cada uno de esos atributos de acuerdo también al mencionado Reglamento:

- ❖ Respecto al carácter frente a los componentes del medio:
  - Positivo; los que pueden representar un beneficio sobre las componentes del medio impactados o para el entorno en su totalidad.
  - Negativo; los que alteran en parte o en su totalidad uno o varios componentes del medio, restando valor a los mismos.
  
- ❖ Respecto a la temporalidad o permanencia de los impactos:
  - Permanentes; aquellos cuyos efectos continúan incluso después de cesar la actividad causante, resultando en una alteración indefinida en el tiempo.
  - Temporales; aquellos cuyos efectos terminan una vez concluida la actividad que los provoca, sin alteración permanente en el tiempo.
  
- ❖ Respecto a la distribución o extensión:
  - Puntuales; aquellos que se limitan a un área concreta.
  - Parciales; aquellos con un área de influencia mayor determinada.
  - Extensos; aquellos cuyos efectos se dan en un área amplia respecto a su punto de origen.
  
- ❖ Respecto al momento: Se refiere al tiempo transcurrido entre la realización de determinada actividad y la aparición del impacto.
  - Inmediato o a corto plazo; Se manifiesta antes del año.
  - A medio plazo; Se manifiesta entre el año y los cinco años.
  - A largo plazo; Se manifiesta tras un periodo superior a cinco años.
  
- ❖ Respecto a la reversibilidad: Se refiere a la posibilidad que una vez producido el impacto, las componentes ambientales puedan volver a su estado inicial de forma natural.
  - Imposible
  - Corto plazo

- Medio plazo
- Largo plazo.

❖ Respecto a la recuperabilidad: Hace referencia a si un determinado impacto, sea o no reversible, pueda ser minimizado por medio de medidas correctoras.

- Recuperable (con medidas correctoras).
- Irrecuperable (no existen medidas correctoras).

### **D.2.2. Descripción de la caracterización de impactos**

En este apartado se realiza una caracterización de los impactos identificados en la etapa anterior sobre cada uno de los factores del medio físico, biótico y socioeconómico. De forma que se describen las interacciones entre las diferentes acciones del proyecto y los factores considerados, así como una evaluación de la extensión de los efectos de los impactos previstos sobre el medio y sus poblaciones.

Cabe resaltar que algunos impactos de los identificados como potenciales en el apartado anterior, tanto en la fase de construcción como durante la fase de funcionamiento, han sido cribados, y por lo tanto, no serán comentados a continuación porque se han considerado irrelevantes.

❖ Acuífero.

Las posibles afecciones en el acuífero continental próximo al área de actuación se pueden producir en la fase de funcionamiento, por la captación de agua dulce.

Sin embargo, en relación a la toma de agua si bien la captación por pozos verticales con un elaborado estudio no conlleva el peligro de captación de aguas continentales, se puede decir que la captación de agua con este

sistema podría producir un desplazamiento de la cuña de agua salada, o lo que es igual, de la interfaz agua dulce – agua salada. Si bien, este desplazamiento puede modificar el nivel freático y el volumen de agua dulce, este cambio se encuentra dentro de un complejo sistema de equilibrio entre la frontera agua dulce – agua salada, en el que si la extracción es controlada y continua, puede provocar un ascenso de agua marina, originando un cono o domo de agua salada vertical (Emilio Custodio, 1996), pero sin modificar de manera notable la intrusión de agua marina en el acuífero continental.

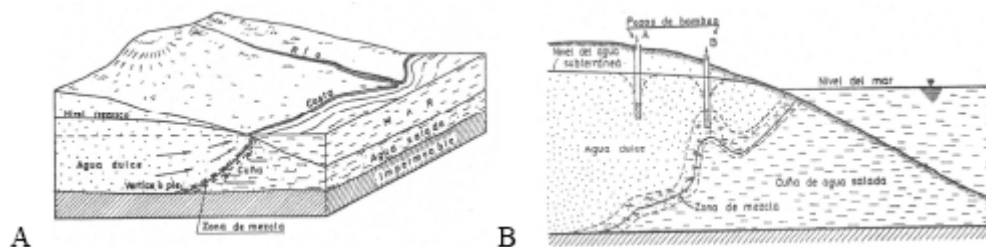


Figura 12.1 A) Cuña de agua salada en un acuífero costero. B) Formación de conos de agua salada debajo de captaciones.

En cualquier caso, previo a la puesta en funcionamiento de la instalación de captación de agua marina, se precisa autorización por parte de la Confederación Hidrográfica correspondiente, estando ésta condicionada a garantizar la no afección a las aguas continentales.

#### ❖ Calidad del agua.

La principal preocupación son los vertidos, tanto de la salmuera como de los lavados de membranas. El vertido de salmuera inyecta al mar un agua con una concentración en sales aproximadamente de dos veces y media de la que se extrae para alimentar la planta. A tener en cuenta también es la temperatura con la que es devuelta esta salmuera. Estos efectos negativos se consideran temporales, pues una vez desmantelada la planta no se producirían.

En el transcurso de la fase de construcción se prevé que la calidad del agua se vea afectada por la turbidez derivada de los trabajos de las tuberías de vertido.

Los efectos negativos de estas acciones se han considerado parciales ya que afectarán a un área limitada alrededor de los trabajos, se manifestarán de forma inmediata al comenzar la actividad, pero serán temporales (sólo se apreciarán durante su construcción) y desaparecerán a corto plazo una vez que cesen las obras. No se contemplan medidas correctoras.

El tráfico de embarcaciones relacionado con las labores de construcción del sistema de vertido afectará a la calidad de las aguas por el vertido de hidrocarburos y aceites procedentes del funcionamiento de los motores de las embarcaciones. Debido al reducido número de embarcaciones empleadas, este impacto se ha considerado de carácter puntual. Sus posibles efectos sobre la calidad del agua son de carácter temporal y desaparecerán nada más terminar esta fase. No se contemplan medidas correctoras.

❖ Calidad del sedimento.

Los impactos más importantes sobre la calidad de los sedimentos de los fondos en los que se desarrollará la actividad se pueden producir durante las fases de construcción del sistema de vertido. Durante esta fase, el impacto sería negativo, parcial, puntual de aparición inmediata y reversible a corto plazo cuando cesen las obras.

❖ Arenas fangosas con facies de *Cymodocea Nodosa* y *Caulerpa Prolifera*.

Las arenas fangosas con facies de *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera* se verán afectadas por la utilización de lodos que pueden sufrir un cambio en la granulometría inicial de estas arenas, por lo que tanto por su efecto directo al cubrir la comunidad, como por el incremento de la turbidez en la columna de agua que afectará a la actividad fotosintética de ambas especies vegetales.

Estos efectos se consideran de carácter temporal, de acción inmediata y alcance parcial.

La recuperación una vez desmantelada la estación se prevé a corto plazo y no existen mediadas correctoras.

❖ Algas fotófilas infralitorales.

En el caso de la comunidad de algas fotófilas que se pueden encontrar sobre los afloramientos rocosos de la zona se repetirán las afecciones exactamente igual que en el caso de la comunidad de arenas fangosas con facies de *Caulerpa prolifera* y *Cymodocea nodosa*.

❖ Pradera de posidonia oceánica.

La pradera de *Posidonia oceánica* podría verse afectada por la utilización de lodos mencionados del sistema de vertido. Este impacto negativo sería debido principalmente al incremento de los materiales en suspensión y por tanto de la turbidez en el agua, lo que afecta directamente a la actividad fotosintética de la fanerógama.

El efecto de las acciones será de carácter temporal y parcial. Aunque el efecto en forma de incremento de la turbidez en el agua será inmediato, la reversibilidad se prevé a corto plazo ya que debido a la relativamente corta duración de las obras consideramos que la pradera no llegará a mostrar alteraciones significativas en su estructura como consecuencia de estas obras.

Como medida correctora sólo cabe la de extremar las precauciones intentando en la medida de lo posible no remover los sedimentos evitando así la resuspensión de grandes cantidades de material.

❖ Fauna.

Durante la fase de construcción, la fauna terrestre se verá afectada mayormente por la pérdida de hábitat y nichos ecológicos, así como por la acción de tráfico y funcionamiento de maquinaria y vehículos, de movimiento de tierras, dragados, emisiones de polvo y ruidos.

Sin embargo, este efecto será temporal aunque parcial, de aparición inmediata, reversible a corto plazo, cuando cesen las obras y con posibilidad de aplicar medidas correctoras.

Durante la fase de funcionamiento, el efecto de pérdida del hábitat perdura y también podría producirse un efecto negativo sobre la fauna, causado por el aumento de tráfico y el ruido provocado por las bombas tanto de la instalación como de impulsión durante su funcionamiento, aunque este efecto será temporal, de extensión parcial, de aparición inmediata y de reversibilidad a corto plazo.

❖ Medio perceptivo (paisaje).

Sobre el paisaje afectará la presencia de la instalación desaladora y la de maquinaria necesaria para la realización de los trabajos y de las estructuras, así como el tráfico de vehículos y embarcaciones, durante la fase de construcción. Evidentemente, el impacto de estas actividades será negativo, de carácter temporal y de efecto inmediato. La reversibilidad será a corto plazo ya que el impacto desaparecerá en cuanto se desmantelen las instalaciones. Como medidas correctoras se pueden colocar unas pantallas visuales.

❖ Población residente y turismo.

De forma indirecta el deterioro de la calidad del baño, de la calidad escénica y las molestias derivadas de las obras en la fase de construcción y funcionamiento, pueden alejar de la zona a los turistas y ocasionar algunas molestias a la población residente, aunque su repercusión a escala municipal se considera pequeña. Su efecto será temporal, parcial y en todos los casos desaparecerá a corto plazo tras la finalización de las acciones. La única medida



correctora pertinente en este caso es alejar la Estación Desaladora de Agua de Mar de zonas turísticas y realizar los trabajos de la fase de construcción lo más alejados posible de las épocas estivales, es decir de la temporada alta.

Mientras que para la fase de funcionamiento, se podría ocasionar molestias por ruidos a la población, su efecto sería temporal, de aparición inmediata, parcial y desaparecería a corto plazo cuando cese la concesión. Por lo que, como medida correctora para la amortiguación del ruido, se aconseja la utilización de materiales de insonorización de forma que se produzca el menor impacto posible.

### **D.3. VALORACIÓN DE IMPACTOS.**

#### **D.3.1. Cálculo del Índice de Incidencia y de la magnitud del impacto.**

Teniendo como punto de partida la caracterización de impactos realizada en el apartado anterior, a cada concepto se le asigna un valor dependiendo del efecto producido, dándose más peso a los caracteres considerados más impactantes:

- ❖ Temporalidad o persistencia: (P): 3; (T): 1.
- ❖ Distribución o extensión: (Pu): 1; (Pa): 2; (Ex): 3.
- ❖ Momento: (I): 3; (M): 2; (L): 1.
- ❖ Reversibilidad: (IM): 4; (LP): 3; (MP): 2; (CP): 1.

El cálculo de la importancia total de cada impacto se calcula según la fórmula:

$$I = \Sigma \text{Atributos} \times \text{Peso}$$

Donde el Peso del atributo es tres para la extensión, dos para la reversibilidad y uno para el resto de atributos (T+3\*E+M+2\*R). Calculada la incidencia para cada impacto se estandariza entre 0 y 1 mediante la fórmula:

$$I_{est} = \frac{(I - I_{\min})}{(I_{\max} - I_{\min})}$$

Donde:

$I_{\text{mín}}$  = valor obtenido utilizando el valor menor de cada atributo (7).

$I_{\text{máx}}$  = valor obtenido utilizando el valor máximo de cada atributo (23).

El siguiente paso es el cálculo de la magnitud, esta es, quizás, una de las tareas más complicadas de cualquier estudio de impacto ambiental, ya que la técnica de evaluación debe adaptarse a las características de cada impacto, la valoración es a una escala cualitativa, las categorías adoptadas se han transpuesto linealmente a una escala 0-1, de forma que fueran comparables con las valoraciones obtenidas por un proceso cuantitativo.

|          |           |
|----------|-----------|
| Muy baja | < 0,2     |
| Baja     | 0,2 - 0,4 |
| Media    | 0,4 - 0,6 |
| Alta     | 0,6 - 0,8 |
| Muy alta | 0,8 >     |

Tabla D.3.1.1: Valores adoptados en el cálculo de la magnitud a partir de la escala cualitativa.

Los resultados de aplicar dichas fórmulas sobre la caracterización de impactos presentada en el capítulo anterior, se observa en la tabla que sigue:

| Fase de construcción                | T | E | M | R | I  | $I_{\text{est}}$ | Mg       |
|-------------------------------------|---|---|---|---|----|------------------|----------|
| Perforaciones/Calidad del agua      | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31             | Baja     |
| Trafico embarcaciones/Calidad agua  | 1 | 1 | 3 | 1 | 9  | 0,13             | Muy baja |
| Perforaciones/Calidad del sedimento | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31             | Baja     |
| Perforaciones/Arenas mediolitorales | 1 | 1 | 3 | 1 | 9  | 0,13             | Muy baja |
| Perforaciones/algas fitófilas       | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31             | Baja     |
| Perforaciones/Arenas infralitorales | 1 | 1 | 3 | 1 | 9  | 0,13             | Muy baja |
| Perforaciones/Arenas fangosas       | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31             | Baja     |
| Perforaciones/Pradera P. oceánica   | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31             | Baja     |

|                                       |   |   |   |   |    |      |       |
|---------------------------------------|---|---|---|---|----|------|-------|
| Perforaciones/Fauna terrestre         | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Maquinaria/Fauna terrestre            | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Maquinaria/Paisaje                    | 1 | 3 | 3 | 1 | 15 | 0,50 | Media |
| Trafico embarcaciones/Paisaje         | 1 | 3 | 3 | 1 | 15 | 0,50 | Media |
| Perforaciones/Turis y pobl. residente | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Maquinaria/Turis y pobl. Residente    | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Traf marítimo/Turis y pobl Residente  | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Bombas impulsión/Calidad sedimento    | 3 | 1 | 3 | 1 | 11 | 0,25 | Baja  |
| Ruidos/Turismo y pobl residente       | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Ruidos/Fauna terrestre                | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Trafico vehículos/ Fauna terrestre    | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Presencia desaladora/ Fauna terrestre | 1 | 1 | 3 | 2 | 11 | 0,25 | Baja  |
| Vertidos salmuera/ Calidad del agua   | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Otros vertidos/ Calidad agua          | 1 | 2 | 3 | 1 | 12 | 0,31 | Baja  |
| Vertido salmuera/Pradera P. oceánica  | 1 | 2 | 3 | 3 | 16 | 0,56 | Media |
| Otros vertidos/ Pradera P. oceánica   | 1 | 2 | 3 | 2 | 14 | 0,44 | Media |
| Presencia desaladora/Paisaje          | 1 | 3 | 3 | 1 | 15 | 0,50 | Media |

Nota: como simplificación en la tabla se usa T: temporalidad, E: extensión, M: momento, R: reversibilidad, I: índice incidencia,  $I_{est}$ : índice incidencia estandarizado y Mg: magnitud.

Tabla D.3.1.2. Índices de incidencia de los impactos

### **D.3.2. Totalización de impactos.**

El valor resultante de los impactos totales, calculados a partir del índice de incidencia y la magnitud aparece en la Tabla D.3.2.1 y Tabla D. 3.2.2, según escala 0-1. De nuevo, el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo de 28 de Junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, señala "...Se indicarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto...".

Los resultados numéricos de la Tabla D.3.1.2, son transpuestos a esta clasificación de forma lineal, de forma que los impactos compatibles son aquellos con valor inferior a 0,2; los moderados tienen un valor comprendido entre 0,2-0,4, los severos lo tienen entre 0,4-0,6 y finalmente los críticos son los que presentan un valor superior a 0,6.

| Fase de construcción                    | I <sub>est</sub> | Magnitud | Valor impacto | Clasificación |
|---|------------------|----------|---------------|---------------|
| Perforaciones/Calidad del agua          | 0.31             | 0.5      | 0.16          | Compatible    |
| Trafico embarcaciones/Calidad agua      | 0.13             | 0.2      | 0.03          | Compatible    |
| Perforaciones/Calidad del sedimento     | 0.31             | 0.3      | 0.09          | Compatible    |
| Perforaciones/Arenas mediolitorales     | 0.13             | 0.3      | 0.04          | Compatible    |
| Perforaciones/algas fitófilas           | 0.31             | 0.5      | 0.16          | Compatible    |
| Perforaciones/Arenas infralitorales     | 0.13             | 0.2      | 0.03          | Compatible    |
| Perforaciones/Arenas fangosas           | 0.31             | 0.5      | 0.16          | Compatible    |
| Perforaciones/Pradera P. oceánica       | 0.31             | 0.2      | 0.06          | Compatible    |
| Perforaciones/Fauna terrestre           | 0.31             | 0.3      | 0.09          | Compatible    |
| Maquinaria/Fauna terrestre              | 0.31             | 0.3      | 0.09          | Compatible    |
| Maquinaria/Paisaje                      | 0.50             | 0.1      | 0.05          | Compatible    |
| Trafico embarcaciones/Paisaje           | 0.50             | 0.1      | 0.05          | Compatible    |
| Perforaciones/Turis y pobl. residente   | 0.31             | 0.4      | 0.13          | Compatible    |
| Maquinaria/Turis y pobl. Residente      | 0.31             | 0.3      | 0.09          | Compatible    |
| Tráfico marítimo/Turis y pobl Residente | 0.31             | 0.1      | 0.03          | Compatible    |

Tabla D.3.2.1. Valor de impactos a partir del índice de incidencia estandarizado y la magnitud para la fase de construcción.

| Fase de funcionamiento                | I <sub>est</sub> | Magnitud | Valor impacto | Clasificación |
|---------------------------------------|------------------|----------|---------------|---------------|
| Bombas impulsión/Calidad sedimento    | 0.25             | 0.2      | 0.05          | Compatible    |
| Ruidos/Turismo y pobl residente       | 0.31             | 0.1      | 0.03          | Compatible    |
| Ruidos/Fauna terrestre                | 0.31             | 0.1      | 0.03          | Compatible    |
| Trafico vehículos/ Fauna terrestre    | 0.31             | 0.1      | 0.03          | Compatible    |
| Presencia desaladora/ Fauna terrestre | 0.25             | 0.2      | 0.05          | Compatible    |
| Vertidos salmuera/ Calidad del agua   | 0.31             | 0.3      | 0.09          | Compatible    |

|                                       |      |     |      |            |
|---------------------------------------|------|-----|------|------------|
| Otros vertidos/ Calidad agua          | 0.31 | 0.3 | 0.09 | Compatible |
| Vertidos salmuera/Pradera P. oceánica | 0.56 | 0.2 | 0.11 | Compatible |
| Otros vertidos/ Pradera P. oceánica   | 0.44 | 0.2 | 0.09 | Compatible |
| Presencia desaladora/Paisaje          | 0.50 | 0.1 | 0.05 | Compatible |

Tabla D.3.2.2. Valor de impactos a partir del índice de incidencia estandarizado y la magnitud para la fase de funcionamiento.

Como puede observarse en la tabla, todos los impactos son compatibles, y es durante la fase de construcción cuando mayores impactos se van a producir, con valores comprendidos entre 0,03-0,16.

En la fase de construcción, la calidad del agua, algas fotófilas, arenas fangosas, y población residente y turismo, son los factores del medio más perjudicados, provocados por el efecto de la instalación del sistema de vertido, aumento de la turbidez, presencia de maquinaria, embarcaciones para la colocación de los tuberías, y molestias por el aumento de las emisiones sonoras.

Durante la fase de funcionamiento, la mayoría de los impactos desaparecen y los impactos mayores serán los producidos por el difundido de la salmuera y otros vertidos. Si embargo el valor estimado para estos impactos no sobrepasa el nivel de compatible y es muy pequeño.

#### **D.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL.**

Una vez identificados, caracterizados y valorados los impactos se han de introducir medidas correctoras que disminuyan, en lo posible, los efectos derivados de las actuaciones a realizar para el desarrollo del proyecto.

Algunas de las medidas aquí propuestas ya han sido comentadas en el apartado de caracterización y evaluación de impactos, por lo que se trata de dar una visión general del conjunto de medidas correctoras, facilitando la aplicación de las mismas.

Tanto en la fase de construcción como en la fase de funcionamiento, las medidas correctoras deben encaminarse a paliar en lo posible los efectos de las actividades sobre el medio biótico, la población, tanto permanente como flotante, y la calidad del paisaje. Además deben procurar, cuando sea posible, restaurar las condiciones iniciales.

Así, durante la fase de construcción:

- ❖ Respecto a la calidad del agua; se recomienda se realice la obra y colocación de tuberías del sistema de vertido con una programación que le asigne el periodo más corto viable y con el menor número de embarcaciones que lo haga factible, a fin de alterar lo menos posible el sedimento marino, minimizar la generación de turbidez y disminuir la posibilidad de derrames de hidrocarburos.
- ❖ Para la calidad del sedimento, las comunidades de algas fotófilas y la pradera de *Posidonia oceánica*, se recomienda no remover el sedimento durante la instalación de tuberías.
- ❖ En cuanto a la vegetación y fauna terrestres, durante la fase de construcción, se procurará no pasar por encima de las dunas cuando se está instalando el sistema de captación de agua, y si esto no fuera posible, se intentará tomar todas las precauciones posibles para no dañar la vegetación dunar, ni generar molestias a la fauna.
- ❖ Tocante al paisaje se recomienda que se coloquen pantallas visuales mientras duren las obras.
- ❖ Referente al turismo y población local se recomienda alejar las obras lo más posible de la época estival y de las horas de descanso, de tal manera que las molestias al turismo sean mínimas, ya sea por que las emisiones sonoras no sean apreciables, ya sea porque la calidad paisajística no se vea alterada durante la época en que el número de observadores es mayor, o bien porque la calidad del baño no descienda, precisamente cuando mayor sea la afluencia de bañistas a la zona.

En la fase de funcionamiento:

- ❖ Respecto a la calidad del agua se recomienda:
  - Diluir el agua de rechazo antes de su descarga en el mar y/o realizar la descarga repartida en distintos puntos, y preferentemente en zonas ya degradadas o de menor interés ecológico y turístico. La salmuera se mezcla previamente con agua de mar en una proporción de 4 a 1 para disminuir su salinidad hasta valores menos desequilibrados.
  - Proceder al tratamiento de efluentes derivados del lavado y tratamiento de membranas, y si es posible su reutilización. Si fuera necesario el vertido tener en cuenta las medidas tomadas para el vertido de salmuera.
  - Construcción de emisarios submarinos que sobrepasen la pradera de Posidonia. Aunque puede que el efecto de la obra necesaria para construir el emisario va a ser más perjudicial para la pradera que su vertido en la costa. Sería necesario realizar un estudio específico.
  - Descargar en áreas muy hidrodinámicas. Realizar el vertido en zonas con fuertes corrientes o en playas, donde las olas y corrientes actúan dinámicamente mezclando las diferentes capas de salinidad.
  
- ❖ Respecto a la calidad del sedimento:
  - Controlar los vertidos para evitar elevadas concentraciones, y con ello minimizar la afección a la calidad del sedimento.
  
- ❖ Respecto a la fauna terrestre, procurar que las emisiones sonoras sean lo menor posible con las distintas medidas que hay para ello. Colocar pantallas visuales y/o si es posible dotar la instalación de una zona ajardinada que minimice el impacto visual.
  
- ❖ Respecto al paisaje se recomienda integrar la desaladora en el paisaje dotándola como hemos dicho de zonas ajardinadas, con árboles y arbustos específicos de la zona.

❖ Respecto al turismo y población local se recomienda alejar la desaladora lo más posible de zonas con valor turístico y de poblaciones, de tal manera que las molestias a una población y a su turismo sean mínimas.

Realizar un correcto y estricto programa de vigilancia ambiental durante el funcionamiento de la estación desaladora, en el que se verifique que su vertido no produce impactos negativos e irreversibles sobre el medio marino.

#### **D.5. COMPROBACIÓN AMBIENTAL.**

Debido al tipo de obra a realizar, a los impactos previstos y las medidas correctoras planteadas, se propone realizar una supervisión tanto de las obras de construcción como durante la fase de funcionamiento para observar el cumplimiento, en la medida de lo posible, de las citadas medidas correctoras.

Se propone el seguimiento y control de la calidad del agua en las zonas próximas a los vertidos, se realizarán análisis periódicos de la composición y temperatura del agua a distintas distancias de las bocas de vertido. Se entiende necesario un plan de seguimiento de las comunidades de flora y fauna marina de la zona, sería un estudio de composición y estructura de las poblaciones que componen dichas comunidades.

Finalmente, sería recomendable incluir este seguimiento dentro de un plan de vigilancia ambiental de manera conjunta para esta zona costera, necesario para el control sobre los posibles efectos tanto de la captación de agua, como del vertido de la planta desaladora. La necesidad de este plan de vigilancia integral se justifica por la proximidad de comunidades tan frágiles e importantes en estos ecosistemas marinos mediterráneos como es la pradera de Posidonia oceánica.

Para tales fines, se propone la designación de un operador ambiental que se encargaría de llevar acabo estas tareas y redactar los informes y documentación ambiental pertinente.

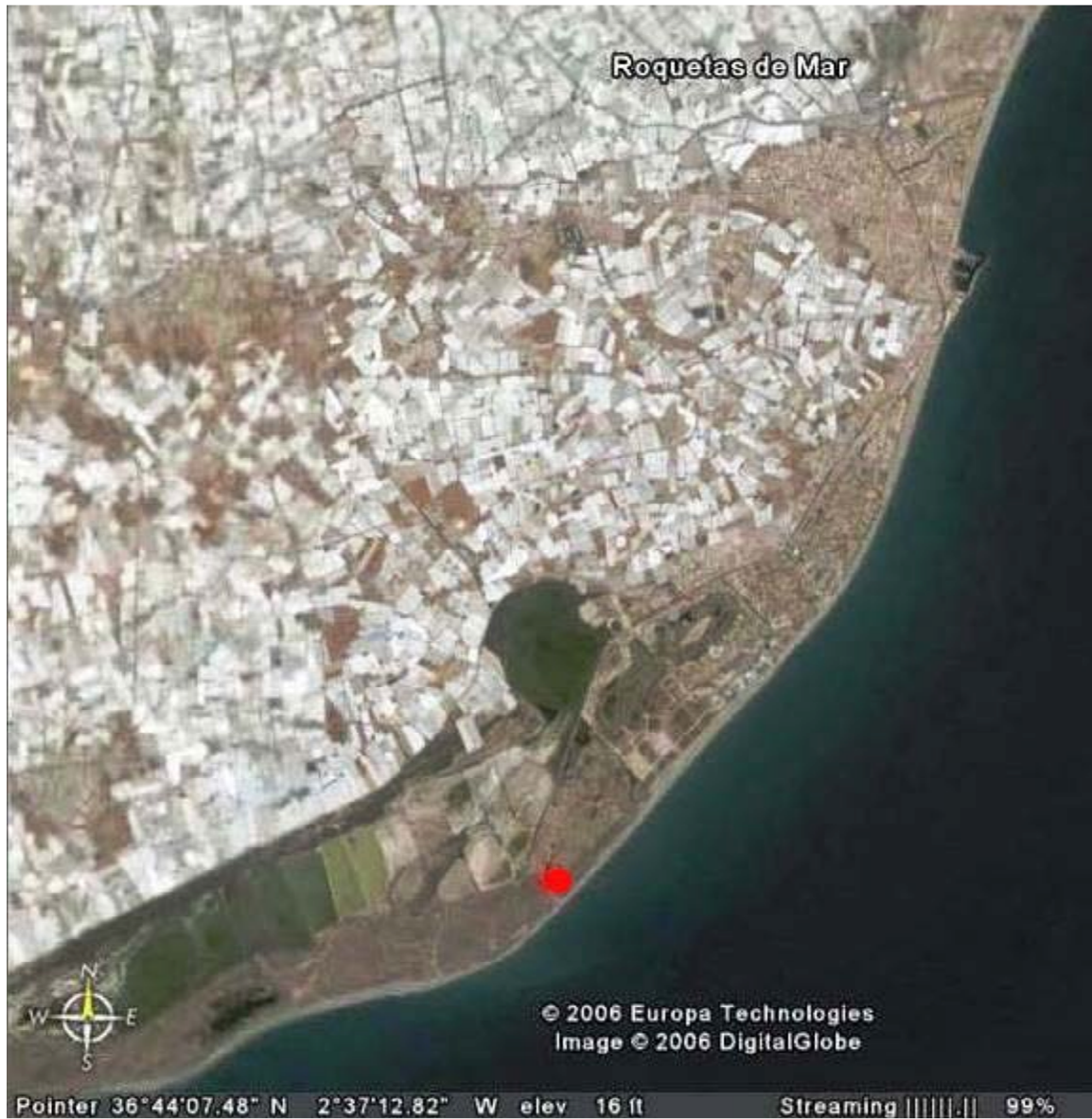


# PLANOS

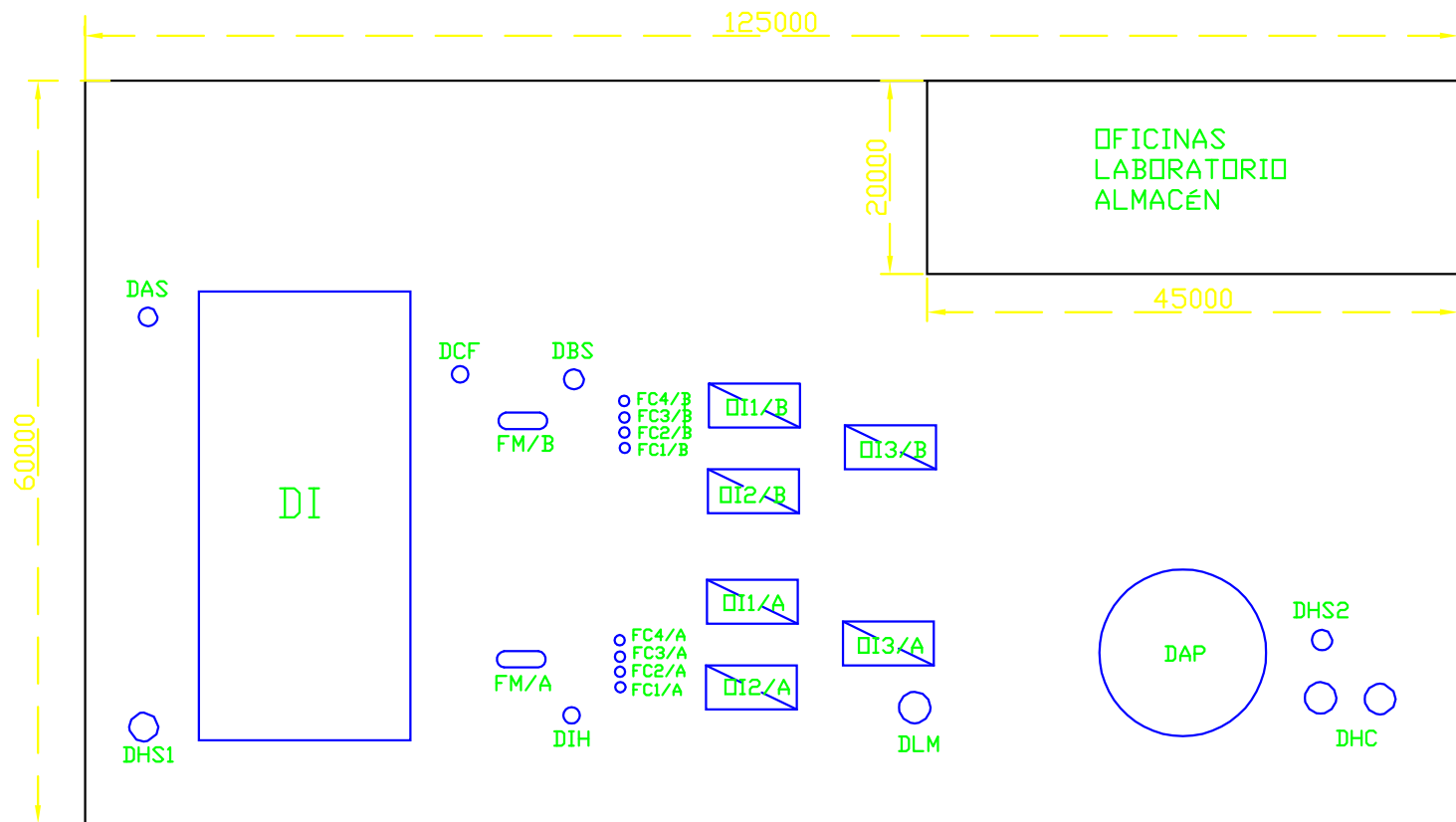
## PLANO 01. UBICACIÓN ROQUETAS DE MAR.



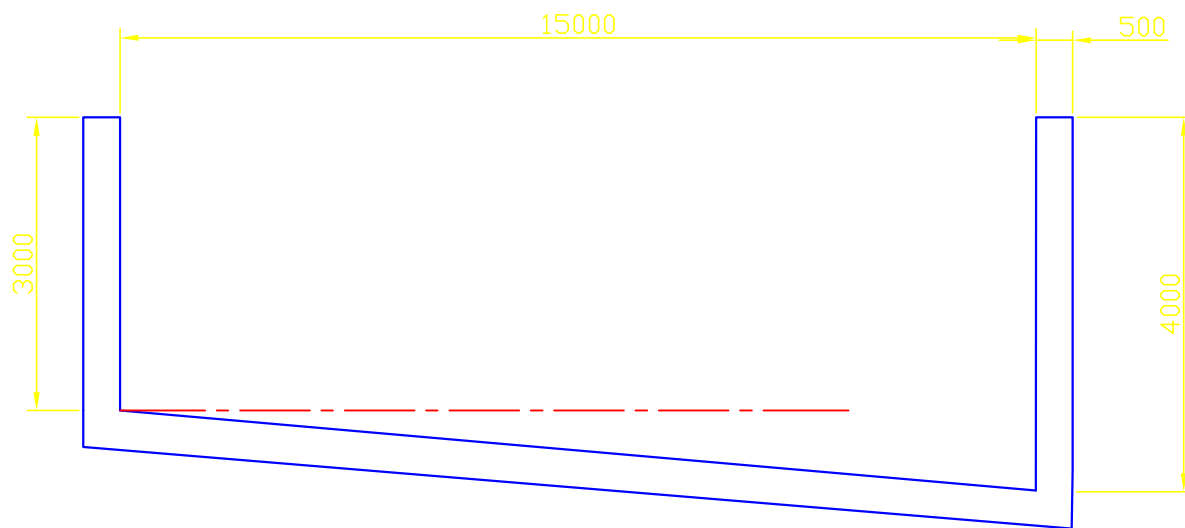
## PLANO 02. UBICACIÓN DESALADORA



- DI: Depósito intermedio.
- FM: filtros de malla.
- FC: Filtros de cartuchos.
- DI: Bastidor de ósmosis inversa.
- DAP: Depósito de almacenamiento del agua producto.
- DHS1: Depósito de dosificación de hipoclorito sódico en el pretratamiento.
- DAS: Depósito de dosificación de ácido sulfúrico.
- DCF: Depósito de dosificación de cloruro férrico.
- DBS: Depósito de dosificación de bisulfito sódico.
- DIH: Depósito de dosificación de inhibidor (Genesys HR).
- DHC: Depósito de dosificación de hidróxido cálcico.
- DHS2: Dosificación de hipoclorito sódico en el post-tratamiento.
- DLM: Depósito del sistema de lavado de las membranas.



|   |  |
|---|--|
| DISEÑO DE UNA PLANTA DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA<br>AUTOR: BLESÁ GARCÍA, JOAQUÍN ANT <sup>º</sup> | FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERO QUÍMICO |
| DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.   | PLANO 3                                |
|   | FECHA: 05/06/2006                      |
|   | FIRMA:                                 |



DISEÑO DE UNA PLANTA DESALADORA DE  
AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA

AUTOR: BLESÁ GARCÍA, JOAQUÍN ANTº

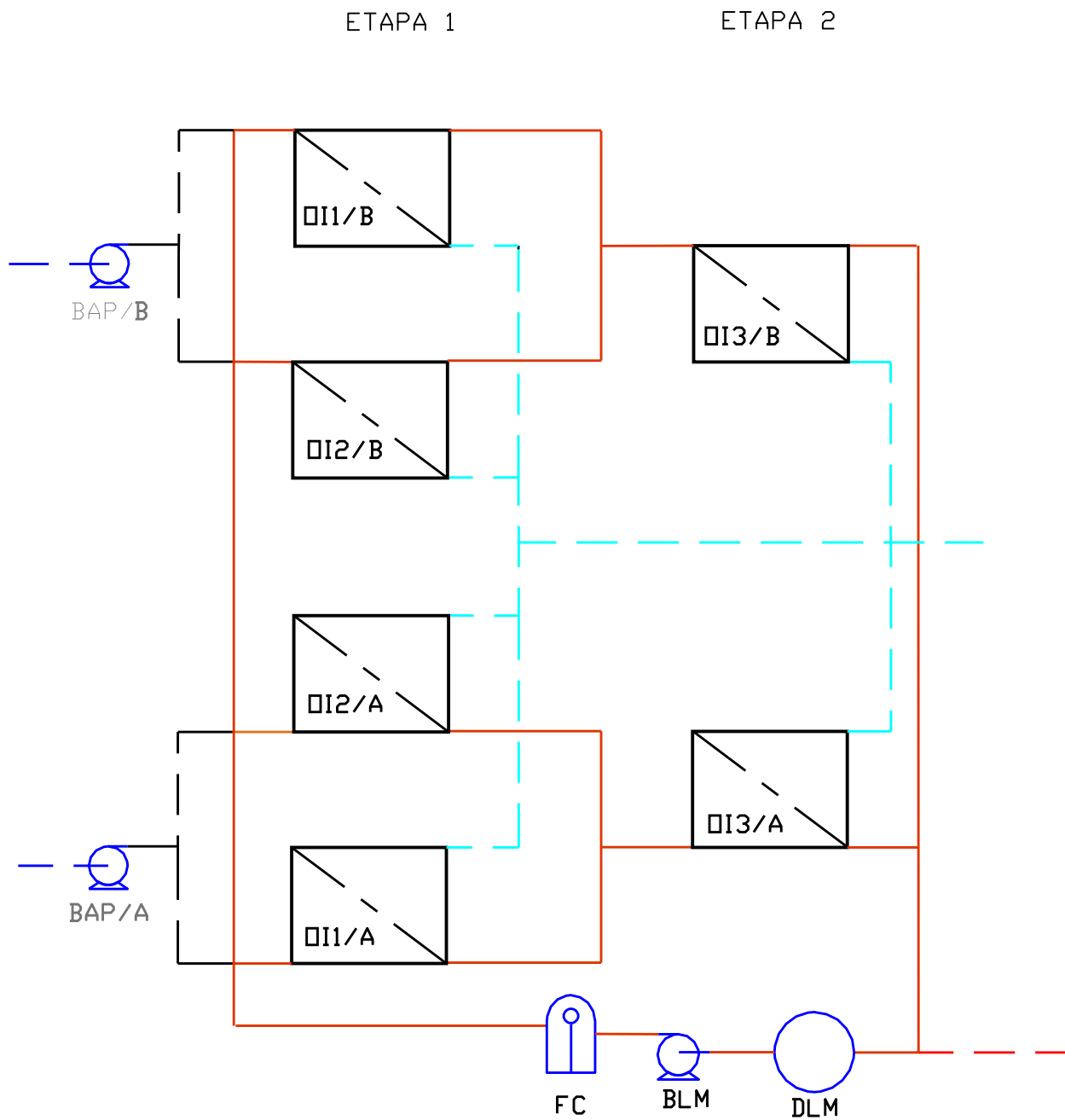
FACULTAD DE CIENCIAS  
INGENIERO QUÍMICO

DEPÓSITO INTERMEDIO, PERFIL.

PLANO 4

FECHA: 05/06/2006

FIRMA:



DISEÑO DE UNA PLANTA DESALADORA DE  
AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA

AUTOR: BLESÁ GARCÍA, JOAQUÍN ANTº.

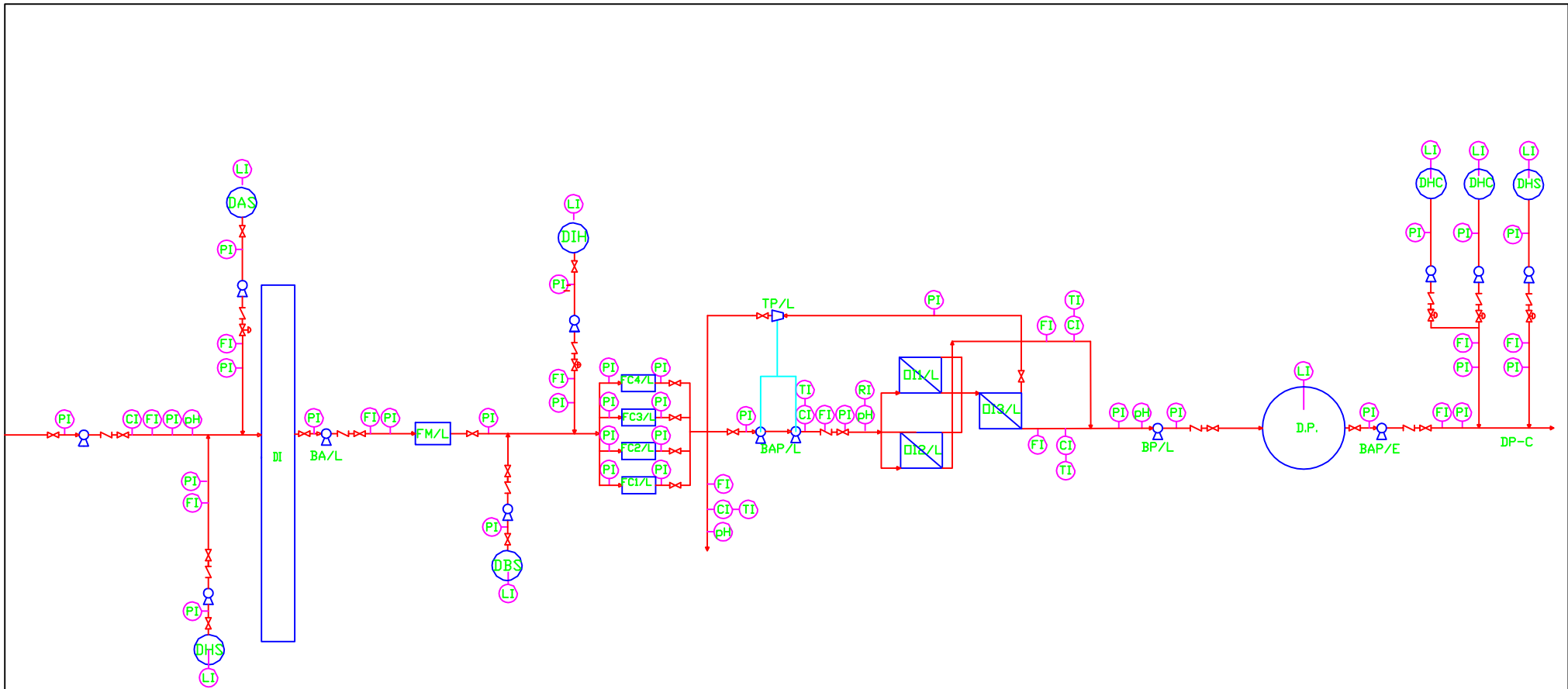
FACULTAD DE CIENCIAS  
INGENIERO QUÍMICO

SISTEMA DE LAVADO DE MEMBRANAS

PLANO 5

FECHA: 05/06/2006

FIRMA:



DISEÑO DE UNA PLANTA DESALADORA DE  
 AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA  
 AUTOR: BLESÁ GARCÍA, JOAQUÍN ANTº

FACULTAD DE CIENCIAS  
 INGENIERO QUÍMICO

INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA.

PLANO 6  
 FECHA: 05/06/2006  
 FIRMA:

# DOCUMENTO Nº 3

# PLIEGO DE

# CONDICIONES



## **ÍNDICE PLIEGO CONDICIONES GENERALES**

### **CAPÍTULO.I.- APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN.**

**ARTÍCULO.1.- Objeto del Pliego**

**ARTÍCULO.2.- Proyecto.**

**ARTÍCULO.3.- Concurso.**

**ARTÍCULO.4.- Retirada de la documentación de concurso.**

**ARTÍCULO.5.- Aclaraciones de los licitadores.**

**ARTÍCULO.6.- Presentación de la documentación de la oferta.**

**ARTÍCULO.7.- Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar.**

**ARTÍCULO.8.- Validez de las ofertas.**

**ARTÍCULO.9.- Contradicciones y omisión en la documentación.**

**ARTÍCULO.10.- Planos provisionales y definitivos.**

**ARTÍCULO.11.- Adjudicación del concurso.**

**ARTÍCULO.12.- Devolución de planos y documentación.**

**ARTÍCULO.13.- Permisos a obtener por la Empresa.**

**ARTÍCULO.14.- Permisos a obtener por el Contratista.**

### **CAPÍTULO.II.- DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES.**

**ARTÍCULO.15.- Contrato.**

**ARTÍCULO.16.- Gastos e impuestos.**

**ARTÍCULO.17.- Fianzas provisional, definitiva y fondo de garantía.**

**ARTÍCULO.18.- Asociación de constructores.**

**ARTÍCULO.19.- Subcontratistas.**

**ARTÍCULO.20.- Relaciones entre la empresa y el contratista y entre los diversos contratistas y subcontratistas.**

**ARTÍCULO.21.- Domicilios y representaciones.**

**ARTÍCULO.22.- Obligaciones del contratista en materia social.**

**ARTÍCULO.23.- Gastos de carácter general por cuenta del contratista.**

**ARTÍCULO.24.- Gastos de carácter general por cuenta de la empresa.**

**ARTÍCULO.25.- Indemnizaciones por cuenta del contratista.**

**ARTÍCULO.26.- Partidas para obra accesorias.**

**ARTÍCULO.27.- Partidas alzadas.**

**ARTÍCULO.28.- Revisiones de precios.**

**ARTÍCULO.29.- Régimen de intervención.**

**ARTÍCULO.30.- Rescisión del contrato.**

**ARTÍCULO.31.- Propiedad industrial y comercial.**

**ARTÍCULO.32.- Disposiciones legales.**

**ARTÍCULO.33.- Tribunales.**

### **CAPÍTULO.III.- DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS.**

**ARTÍCULO.34.- Modificaciones del proyecto.**

**ARTÍCULO.35.- Modificaciones de los planos.**

**ARTÍCULO.36.- Replanteo de las obras.**

**ARTÍCULO.37.- Acceso a las obras.**

**ARTÍCULO.38.- Organización de las obras.**

**ARTÍCULO.39.- Vigilancia y policía de las obras.**

**ARTÍCULO.40.- Utilización de las instalaciones auxiliares y equipos del contratista.**

**ARTÍCULO.41.- Empleo de materiales nuevos o de demolición pertenecientes a la empresa.**

**ARTÍCULO.42.- Uso anticipado de las instalaciones definitivas.**

**ARTÍCULO.43.- Planes de obra y montaje.**

**ARTÍCULO.44.- Plazos de ejecución.**

**ARTÍCULO.45.- Retenciones por retrasos durante la ejecución de la obra.**

**ARTÍCULO.46.- Incumplimiento de plazos y multas.**

**ARTÍCULO.47.- Supresión de las multas.**

**ARTÍCULO.48.- Premios y primas.**

**ARTÍCULO.49.- Retrasos ocasionados por la empresa.**

**ARTÍCULO.50.- Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.**

**ARTÍCULO.51.- Mediciones de las unidades de obra.**

**ARTÍCULO.52.- Certificación y abono de las obras.**

**ARTÍCULO.53.- Abono de unidades incompletas o defectuosas.**

**ARTÍCULO.54.- Recepción provisional de las obras.**

**ARTÍCULO.55.- Plazo de garantía.**

**ARTÍCULO.56.- Recepción definitiva de las obras.**

**ARTÍCULO.57.- Liquidación de las obras.**

## **CAPÍTULO.I.- APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN.**

### **ARTÍCULO.1.- Objeto del Pliego**

El presente Pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas y económicas que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del Pliego General

### **ARTÍCULO.2.- Proyecto.**

En general, el Proyecto podrá comprender los siguientes documentos:

- ❖ Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores con carácter general a tener en cuenta. En ella se incluirán unos Anexos de Memoria, en los que se expondrán todos los cálculos realizados, modelos empleados en ellos, simplificaciones de los modelos, así como las suposiciones que se han tenido en cuenta a la hora de efectuar los cálculos pertinentes.

- ❖ Los Planos de conjunto y detalle necesarios para que la planta quede perfectamente definida.

- ❖ El cuadro de precios, en el que se incluyen precios de la instalación, materias primas, mantenimiento de la instalación, y posibles ingresos de productos.

❖ El Pliego Particular de Condiciones Técnicas y Económicas, que incluirá la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas de ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que regirán en esa obra. Las condiciones de este Pliego Particular serán preceptivas y prevalecerán sobre las del Pliego General en tanto las modifique o contradigan.

### **ARTÍCULO.3.- Concurso.**

Licitación de la obra se hará por Concurso Restringido, en el que la Empresa convocará a las Empresas Constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la Empresa.

No se considerarán válidas las ofertas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como lo sindicados en la Documentación Técnica enviada.

### **ARTÍCULO.4.- Retirada de la documentación de concurso.**

Los Contratistas, por sí solos o por sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la Empresa cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

La Empresa, se reserva el derecho de exigir para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

### **ARTÍCULO.5.- Aclaraciones de los licitadores.**

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la Empresa las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los Planos, Pliego de Condiciones o en otros documentos del Concurso, o si se les presentase dudas en cuanto a su significado.

La Empresa estudiará las peticiones aclaratorias e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general. Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la Empresa podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo así a todos los interesados.

### **ARTÍCULO.6.- Presentación de la documentación de la oferta.**

Las Empresas que oferten en el Concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos:

- ❖ Cuadro de precios nº 1, consignado en letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % de Gastos Generales, Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir dichas cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En el caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los Cuadros de Precios Números 1 y 2, prevalecerá el del Cuadro N°.
  
- ❖ Cuadro de Precios nº 2, en el que se especificarán claramente el desglose de la forma siguiente:

- Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.
  - Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.
  - Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.
  - Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.
  - Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.
  - Porcentajes de Gastos Generales, Beneficios Industrial e IVA.
- ❖ Presupuestos de Ejecución Material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del Proyecto. En caso de discrepancia entre los precios aplicados en el Presupuesto y los del Cuadro de Precios N°, obligarán los de éste último. Este Presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.1.3. en dos presupuestos:
- Presupuesto de Obra Característica
  - Presupuestos de Obra Complementarios, que en los sucesivos artículos de este Pliego recibirán esta denominación.

Las nuevas unidades de obra que aparezcan durante la ejecución de la misma con el carácter establecido se incorporarán previa aplicación de los precios correspondientes, al Presupuesto de Obras Complementarias.

- ❖ Presupuesto Total, obtenido al incrementar el Presupuesto de Ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.
- ❖ Relación del personal técnico adscrito a la obra y organigrama general del mismo durante el desarrollo de la obra.
- ❖ Relación de maquinaria adscrita a la obra, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado

general; asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en caso de resultar adjudicataria. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la Empresa. Deberá incluirse también un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

❖ Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

❖ Plan de obra detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza en euros, como garantía de mantenimiento de la oferta en el plazo establecido en cada caso. Es potestativo de la Empresa la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante quien, a petición de la Empresa, deberá probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

Además de la documentación reseñada anteriormente y que el Contratista deberá presentar con carácter obligatorio, la Empresa podrá exigir en cada caso, cualquier otro tipo de documentación, como pueden ser referencias, relación de obras ejecutadas, balances de sociedad, etc.

#### **ARTÍCULO.7.- Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar.**

Tendrán capacidad para concurrir las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.



No obstante, serán de aplicación a las Empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas Empresas, antes de la licitación de estas obras.

La documentación justificativa para la admisión previa será:

❖ Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

❖ Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del Pliego General de Condiciones.

Carné de “Empresa con Responsabilidad”

❖ Documento acreditativo de que el interesado está al corriente en el pago del Impuesto Industrial en su modalidad de cuota fija o de Licencia Fiscal, (o compromiso, en su caso, de su matriculación en este, si resultase adjudicatario de las obras)

❖ Documento oficial acreditativo de hallarse al corriente pago de las cuotas de la Seguridad Social y, concretamente, el de cobertura de riesgo de accidentes de trabajo.

#### **ARTÍCULO.8.- Validez de las ofertas.**

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación, o anuncio respectivo, o que conste de todos los documentos que se señalan en artículo 7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de la recepción

de ofertas, salvo en la documentación de petición de ofertas se especifique a corto plazo.

#### **ARTÍCULO.9.- Contradicciones y omisión en la documentación.**

Lo mencionado en el Pliego General de Condiciones de cada obra y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos.

En caso de contradicción entre los Planos y alguno de los mencionados Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos. Las omisiones en lo Planos y Pliegos de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanadas para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliegos de condiciones o que, por uso y costumbres, deben ser realizados, no sólo no exime al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubiera sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones.

#### **ARTÍCULO.10.- Planos provisionales y definitivos.**

Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuentemente iniciación de las mismas, la Empresa, podrá facilitar a los contratistas, para el estudio de su oferta, documentación con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán válidos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de información se hará

constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

Los planos definitivos se entregarán al Contratista con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

#### **ARTÍCULO.11.- Adjudicación del concurso.**

La Empresa procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La Empresa tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el Concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso la Empresa, podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

Transcurriendo el plazo indicado en el artículo 9 desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la Empresa, hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas. La elección del adjudicatario de la obra por parte de la Empresa es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

La Empresa comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el Contratista a simple requerimiento de la Empresa se prestará a formalizar el contrato definitivo. En tanto no se firme este y se constituya la fianza definitiva, la Empresa, retendrá la fianza provisional depositada por el Contratista, a todos los efectos del mantenimiento de la oferta.

## **ARTÍCULO.12.- Devolución de planos y documentación.**

Los Planos, Pliegos de Condiciones y demás documentación del concurso, entregado por la Empresa a los concursantes, deberá ser devuelto después de la adjudicación del concurso, excepto por lo que respecta al Adjudicatario, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

El plazo para devolver la documentación será de 30 días, a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada.

La Empresa, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días, a partir de haberse producida dicha petición.

La no devolución por parte de los contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

## **ARTÍCULO.13.- Permisos a obtener por la Empresa.**

Será responsabilidad de la Empresa, la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo:

- ❖ Concesión de Aprovechamientos.
- ❖ Autorización de Instalaciones.
- ❖ Declaración de Utilidad Pública.
- ❖ Declaración de Urgente Ocupación.
- ❖ Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación, serán:

- ❖ Licencia Municipal de Obras.
- ❖ Licencia de Apertura, Instalación y funcionamiento.
- ❖ Autorización para vallas.
- ❖ Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato)
- Solicitud de Puesta en Servicio.
- ❖ Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas, serán:
- ❖ Licencia Municipal.
- ❖ Autorizaciones para cruces de carreteras, cauces públicos, líneas telefónicas y telegráficas, montajes públicos y, en general, cuanto dependa de los Organismos Oficiales.
- ❖ Permisos de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato)
- ❖ Solicitud de Puesta en Servicio.
- ❖ Autorizaciones especiales para la construcción y montaje:
- ❖ Apertura del Centro de trabajo (igual responsabilidad incumbe al Contratista, por lo que a él respecta)
- ❖ Licencia Municipal de Obras.
- ❖ Autorización del Servicio de Pesca, cuando se prevea la alteración en el curso de las aguas.
- ❖ Enlace de pistas definitivas con carreteras con la aprobación de las Jefaturas de Obras Públicas o Diputaciones.
- ❖ Aprobación de Proyectos de Sustitución de Servidumbres.
- ❖ Autorizaciones que deban ser concebidas por Confederaciones Hidrográficas, Comisaría de Aguas, Servicio de Vigilancia de Presas, Servicio Geológico, MOPU y restantes Organismos Oficiales en relación directa con el Proyecto.
- ❖ Tramitación de expropiaciones de terrenos ocupados por las instalaciones y obras definitivas. En el caso en que la Empresa, así lo estimase oportuno,

podrá tramitar la expropiación de los terrenos necesarios para las instalaciones provisionales del contratista, siendo de cuenta de este los gastos que tales expropiaciones originen.

- ❖ Reconocimiento final de la obra y puesta en marcha mediante Acta que levantarán conjuntamente los representantes de Industria y Obras Públicas. Alta en Contribución Urbana y Licencia Fiscal.
- ❖ Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

#### **ARTÍCULO.14.- Permisos a obtener por el Contratista.**

Serán a cuenta y cargo del Contratista, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- ❖ Apertura del Centro de Trabajo.
- ❖ Permiso para el transporte de obreros.
- ❖ Autorización de barracones, por Obras Públicas o Diputación, siempre que encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso de Licencia Municipal.
- ❖ Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- ❖ Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- ❖ Autorización de Industria para las instalaciones Eléctricas provisionales.
- ❖ Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

## **CAPÍTULO.II.- DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES.**

### **ARTÍCULO.15.- Contrato.**

A tenor de lo dispuesto en el artículo 12 el Contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la Empresa, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

El Contrato, tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público, a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del Contratista los gastos que ello origine.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la Empresa procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

Cuando por causas imputables al Contratista, no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la Empresa podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al Contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

El Contrato, será firmado por parte del Contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

#### **ARTÍCULO.16.- Gastos e impuestos.**

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre sí. En ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato

#### **ARTÍCULO.17.- Fianzas provisional, definitiva y fondo de garantía.**

La fianza provisional del mantenimiento de la ofertas se constituirá por los contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación. Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo. Por lo que a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se estará a lo establecido en los artículos 6, 8 y 11 del presente Pliego General.

A la firma del contrato, el Contratista deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del Presupuesto Total de adjudicación. En cualquier caso la Empresa se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza. La fianza se constituirá en efectivo ó por Aval Bancario realizable a satisfacción de la Empresa. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la Empresa y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión.



El modelo de Aval Bancario será facilitado por la Empresa debiendo ajustarse obligatoriamente el Contratista a dicho modelo. La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta. Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del contratista, y quedará a beneficio de la Empresa en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al Contratista.

Fondo de garantía. Independientemente de esta fianza, la Empresa retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía. Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales, suministrados por el Contratista, pudiendo la Empresa realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el Contratista no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

#### **ARTÍCULO.18.- Asociación de constructores.**

Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo ó asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, con relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

Los componentes del grupo o asociación delegarán en uno de ellos, a todos los efectos, la representación ante la Empresa. Esta delegación se realizará por medio de un representante responsable provisto de poderes, tan amplios como proceda, para actuar ante la Empresa en nombre del grupo o

asociación. La designación de representante, para surtir efecto, deberá ser aceptada y aprobada por la Empresa por escrito.

#### **ARTÍCULO.19.- Subcontratistas.**

El Contratista podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a esta, del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

La Empresa, a través de la Dirección de la Obra, podrá en cualquier momento requerir del Contratista la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el Contratista tomar las medidas necesarias para la rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la Empresa.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los Subcontratistas o destajistas y la Empresa, como consecuencia de la ejecución por aquellos de trabajos parciales correspondientes al Contrato principal, siendo siempre responsable el Contratista ante la Empresa de todas las actividades del Subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el Presupuesto del Contrato, bien por que aún estando previstos en la Memoria y/o Planos de Concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien por que su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del Contrato, podrán ser adjudicados por la empresa eléctrica directamente a la Empresa que libremente elija, debiendo el Contratista prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

**ARTÍCULO.20.- Relaciones entre la empresa y el contratista y entre los diversos contratistas y subcontratistas.**

El Contratista está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la empresa eléctrica juzgue necesario tener conocimiento. Entre otras razones por la posible incidencia de los trabajos confiados al Contratista, sobre los de otros Contratistas y suministradores.

El Contratista debe ponerse oportunamente en relación con los demás contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la EMPRESA, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos, el buen orden de la obra, y la seguridad de los trabajadores.

Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

La Empresa deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. La decisión del árbitro designado por la Empresa es obligatoria para los interesados. En ningún caso en la Empresa deberá encontrarse durante los trabajos, en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del Contratista.

Cuando varios contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudiera derivarse de su propia actuación.

#### **ARTÍCULO.21.- Domicilios y representaciones.**

El Contratista está obligado, antes de iniciarse la obra objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la Empresa del lugar de ese domicilio.

Seguidamente a la notificación del contrato, la Empresa comunicará al Contratista su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como nombre de su representante. Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el Contratista designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la Empresa especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la Empresa. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el Contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

El Contratista está obligado a presentar a la representación de la Empresa antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

La designación del representante del Contratista, así como la del personal facultativo, responsable de la ejecución de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la Empresa quien por motivo fundado podrá exigir el Contratista la remoción de su representante y la de cualquier facultativo responsable.

## **ARTÍCULO.22.- Obligaciones del contratista en materia social.**

El Contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo. En lo referente a las obligaciones del Contratista en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

A tal efecto el Contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- ❖ La seguridad de su propio personal, del de la EMPRESA y de terceros.
- ❖ La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados.
- ❖ La seguridad de las instalaciones
- ❖ El Plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que la Empresa prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del Contratista, y que se encuentran contenidas en las Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios redactadas por U.N.E.S.A.(Unión Nacional de Empresas, S.A.)

- ❖ El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios deberá ser comunicado a la EMPRESA en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.
- ❖ La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón de la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la Empresa.
- ❖ Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del Contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

- ❖ La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
- ❖ El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.
- ❖ Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y maquinas, almacenes, polvorines, etc., incluidas las protecciones contra incendios.
- ❖ El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, aireación insuficiente, etc.
- ❖ El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el Contratista debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad, formado por los representantes de las empresas, Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El Contratista remitirá a la representación de la Empresa, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar la dicha baja. Igualmente por la Secretaría del Comité de Seguridad previamente aprobadas por todos los representantes.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del Contratista o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la Empresa.

#### **ARTÍCULO.23.- Gastos de carácter general por cuenta del contratista.**

Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el Contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al

Contratista; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este en evitación de accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores; los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras; los de desviación de alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea necesario modificar para las instalaciones provisionales del Contratista; los de construcción, conservación, limpieza y retirada de las instalaciones sanitarias provisionales y de limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales, etc., y limpieza general de la obra.

Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del Contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

Serán de cuenta del Contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.



Además de los ensayos a los que se refiere este artículo, serán por cuenta del Contratista los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la Empresa para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el Contratista crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

Por lo que a gastos de replanteo se refiere y a tenor de lo dispuesto en el artículo 37 “Replanteo de las obras”, serán por cuenta del Contratista todos los gastos de replanteos secundarios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, a partir del replanteo principal definido en dicho artículo 36 y cuyos gastos correrán por cuenta de la empresa.

En los casos de resolución del Contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del Contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las Actas Notariales que sean necesario levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la Empresa o que le devuelva después de utilizados.

#### **ARTÍCULO.24.- Gastos de carácter general por cuenta de la empresa.**

Serán por cuenta de la Empresa los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la Empresa o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 23, y el transporte de los materiales suministrados por la Empresa, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Así mismo, serán a cargo de la Empresa los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación propiedad de la Empresa y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

**ARTÍCULO.25.- Indemnizaciones por cuenta del contratista.**

Será de cuenta del Contratista la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares; los producidos por la explotación de canteras, la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes; los que se originen por la habilitación de caminos y vías provisionales y, finalmente, los producidos en las demás operaciones realizadas por el Contratista para la ejecución de las obras.

**ARTÍCULO.26.- Partidas para obra accesorias.**

Las cantidades calculadas para obras accesorias, que como consecuencia de su escasa o nula definición, figuren en el presupuesto general con una partida alzada, no se abonará por su monto total.

En consecuencia estas obras accesorias se abonarán a los precios unitarios del Contrato y conforme a las unidades y medidas que se obtengan de los proyectos que se realicen para ellas y de su medición final.

**ARTÍCULO.27.- Partidas alzadas.**

Las partidas alzadas consignadas en los presupuestos para obras o servicios se abonarán por su importe una vez realizados totalmente dichos trabajos.

Quedan excluidas de este sistema de abono, las obras accesorias que se liquidarán conforme a lo indicado en el artículo 26.

#### **ARTÍCULO.28.- Revisiones de precios.**

La Empresa adopta para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del Estado y Organismos Autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de febrero (B.O.E. de 6-11-64), especialmente en lo que a su artículo 4º se refiere. En el Pliego Particular de Condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas polinómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto-Ley 3650/1970 de 19 de diciembre (B.O.E. 29-XII-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la Empresa se reserva el derecho de establecer en dicho Pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerio de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

Una vez obtenido el índice de revisión mensual, se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo, lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

En el caso de que las obras se desarrollen con retraso respecto a dicho programa, las certificaciones mensuales producidas dentro del plazo se revisarán por los correspondientes índices de revisión hasta el mes previsto

para la terminación de los trabajos. En este momento, dejarán de actualizarse dicho índice y todas las certificaciones posteriores que puedan producirse, se revisarán con este índice constante.

Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la Empresa podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios, debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del Concurso.

#### **ARTÍCULO.29.- Régimen de intervención.**

Cuando el Contratista no de cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del Contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la Empresa, esta le requerirá a cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

Se procederá inmediatamente, en presencia del Contratista, o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales acopiados así como al inventario descriptivo del material del Contratista, y a la devolución a este de la parte de materiales que no utilizará la Empresa para la terminación de los trabajos.

La Empresa tiene por otra parte, la facultad, sea de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas, por cuenta y riesgo del Contratista incumplidor, sea de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato, sea de prescribir la continuación de la intervención.

Durante el periodo de Régimen de intervención, el Contratista podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la Empresa.

El Contratista podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin. Los excedentes de gastos que resulte de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas, que puedan ser debidas al CONTRATISTA, sin perjuicios de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario una disminución de gastos, el Contratista no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la Empresa.

### **ARTÍCULO.30.- Rescisión del contrato.**

Cuando a juicio de la Empresa el incumplimiento por parte del Contratista de alguna de las cláusulas del Contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la Empresa podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

- ❖ Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el Contratista hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la Empresa.
- ❖ Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la Obra característica.
- ❖ Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% de presupuesto de Obra característica tal como se define en el artículo 6.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho

plazo, no obligará a la Empresa a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.

Será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

- ❖ La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista. En este caso, la Empresa podrá optar por la resolución del Contrato, o por que se subroguen en el lugar del Contratista los indicios de la quiebra, sus causa habitantes o sus representantes.
- ❖ La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.
- ❖ Si el Contratista es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno del artículo 31 la Empresa estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato. Si la empresa optara en ese momento por la rescisión, esta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.
- ❖ Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el Contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del Contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la obra, la Empresa se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un Acta Notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios

auxiliares que el Contratista tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos.

Con este acto de la Empresa el Contratista no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente. Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al Contratista, este se obliga a dejar a disposición de la Empresa hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la Empresa estime necesario, pudiendo el Contratista retirar los restantes.

La Empresa abonará por los medios, instalaciones y maquinas que decida deben continuar en obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del Contratista.

El Contratista se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la Empresa o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

La Empresa comunicará al Contratista, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejará de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación, si el Contratista no se hubiese hecho cargo de ellos. En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del Contratista los gastos de su traslado definitivo.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc. a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el Contratista hasta la fecha de la rescisión.

### **ARTÍCULO.31.- Propiedad industrial y comercial.**

Al suscribir el Contrato, el Contratista garantiza a la Empresa contra toda clase de reclamaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras y que procedan de titulares (JOE) de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario, corresponde al Contratista la obtención de las licencias o a utilizations precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

En caso de acciones dirigidas contra la Empresa por terceros titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el Contratista para la ejecución de los trabajos, el Contratista responderá ante la Empresa del resultado de dichas acciones estando obligado además a prestarle su plena ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan a la Empresa.

### **ARTÍCULO.32.- Disposiciones legales.**

Las disposiciones legales serán:

❖ Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-111-7 1).

❖ Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/7 1 de 11-111-71).

Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la construcción (O.M. 20-y- 52).

❖ Reglamento de Servicios Médicos de la Empresa (O.M. 21X1-59).  
Ordenanza de Trabajo de la construcción, vidrio y cerámica (O. M. 28-VIII-70).



- ❖ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-IX-73).
- Reglamento de líneas aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).
- Normas para la Señalización de Obras en las Carreteras (O.M.. 14-111-60).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.
- ❖ Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación y obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 2 1-11-86).
- ❖ Cuantas disposiciones de carácter social, de protección a la industria nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.
- ❖ Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obre en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al Contratista.

### **ARTÍCULO.33.- Tribunales.**

El Contratista renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los Tribunales.

## **CAPÍTULO.III.- DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS.**

### **ARTÍCULO.34.- Modificaciones del proyecto.**

La Empresa podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras. También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o

disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que esta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al Contratista, estando obligado este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado. Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista, y siempre que, a los precios del Contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto total de Ejecución Material contratado en más de un 35%, tanto en más como en menos, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el Contratista, fuese a causa de las modificaciones del Proyecto, inferior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato en un porcentaje superior al 35%, el Contratista tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el contratista deberá presentar a la EMPRESA en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en la que se valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del Proyecto. Al efectuar esta valoración el Contratista deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusión a estos efectos.

Si por el contrario, la cuantía de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el Contratista, fuese, a causa de las modificaciones del Proyecto, superior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato y

cualquiera que fuere el porcentaje de aumento, no procederá el pago de ninguna indemnización ni revisión de precios por este concepto. No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la Obra haya ordenado por escrito, la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o salvo que la Dirección de Obra, ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

#### **ARTÍCULO.35.- Modificaciones de los planos.**

Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso, respetando los principios esenciales y el Contratista no puede por ello hacer reclamación alguna a la Empresa. El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto, obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de Proyecto. Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La Empresa tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los planos de trabajo del Contratista entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El Contratista por su parte no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base, y que quedará

obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del Contrato. El Contratista deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, debiendo informar por escrito a la Empresa en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución, de cualquier contradicción, error u omisión que lo exigiera técnicamente incorrectos.

#### **ARTÍCULO.36.- Replanteo de las obras.**

La Empresa entregará al Contratista los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el Contratista verificará en presencia de los representantes de la Empresa el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el Acta correspondiente.

La Empresa precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras. El Contratista será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos, se destruyese alguno, deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad. El CONTRATISTA establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos los replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.

#### **ARTÍCULO.37.- Acceso a las obras.**

Los caminos y accesos provisionales a los diferentes tajos de obra, serán construidos por el Contratista por su cuenta y cargo. Para que la Empresa apruebe su construcción en el caso de que afecten a terceros interesados, el Contratista habrá debido llegar a un previo acuerdo con estos.

Los caminos y accesos estarán situados en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso de que necesariamente hayan de transcurrir por el emplazamiento de obras definitivas, las modificaciones posteriores, necesarias para la ejecución de los trabajos, serán a cargo del Contratista.

Si los mismos caminos han de ser utilizados por varios Contratistas, estos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de sus gastos de construcción y conservación.

La Empresa se reserva el derecho de transitar libremente por todos los caminos y accesos provisionales de la obra, sin que pueda hacerse repercutir sobre ella gasto alguno en concepto de conservación.

#### **ARTÍCULO.38.- Organización de las obras.**

El Contratista tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente del régimen de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

La Empresa pondrá gratuitamente a disposición del Contratista, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

También pondrá la Empresa gratuitamente a disposición del Contratista, los terrenos de su propiedad y que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

En el plazo de un mes a partir de la fecha del Contrato, se determinarán contradictoriamente los terrenos afectados por los párrafos 2 y 3 que se representarán en el plano de la zona. En caso de desavenencia en esta determinación contradictoria, será vinculante el plano previo incorporado al Pliego de Condiciones Particulares.

La obligación de la Empresa en cuanto entrega de los terrenos necesarios queda limitada a los que figuran y se reseñan en el plano de referencia que, al mismo tiempo, definirá lo que se entiende por zona de obras. Si por conveniencia del Contratista este deseara disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en el plano antes citado, será de su cargo su adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el contratista someter previamente a la conformidad de la Empresa las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización respectiva.

#### **ARTÍCULO.39.- Vigilancia y policía de las obras.**

El Contratista es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto de contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y con la representación de la Empresa.

En caso de conflicto de cualquier clase, que pudiera implicar alteraciones del orden público, corresponde al Contratista la obligación de ponerse en contacto con las autoridades competentes y convenir con ellos y disponer las medidas adecuadas para evitar incidentes.

**ARTÍCULO.40.- Utilización de las instalaciones auxiliares y equipos del contratista.**

El Contratista deberá poder facilitar a la Empresa, todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello la Empresa comunicará por escrito al Contratista las instalaciones o equipos o maquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el Contratista deberá atender la solicitud de la Empresa, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados. En todo caso el manejo y el mantenimiento de las máquinas e instalaciones será realizado por personal del Contratista.

**ARTÍCULO.41.- Empleo de materiales nuevos o de demolición pertenecientes a la empresa.**

Cuando fuera de las previsiones del Contrato, la Empresa juzgue conveniente emplear materiales nuevos o de recuperación que le pertenezcan, el Contratista no podrá oponerse a ello y las condiciones que regulen este suministro serán establecidas de común acuerdo o, en su defecto, se establecerá mediante Arbitraje de Derecho Privado.

**ARTÍCULO.42.- Uso anticipado de las instalaciones definitivas.**

La Empresa se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada, antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

Si la Empresa deseara hacer uso del citado derecho, se lo comunicará al Contratista con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la Empresa no implica recepción provisional de la zona afectada.

#### **ARTÍCULO.43.- Planes de obra y montaje.**

Independientemente del plan de trabajos que los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6, el Contratista presentará con posterioridad a la firma del Contrato, un plan más detallado que el anterior.

La Empresa indicará el plazo máximo a partir de la formalización del Contrato, en el que debe presentarlo y tipo de programa exigido. De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes. Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y finales fijados en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales. Tanto el Plan de Obra como el programa de Certificaciones mensuales, deberán destacar individualmente cada una de las unidades correspondientes a la Obra característica.

Las unidades de Obra Complementaria podrán agruparse tanto en uno como en otro documento, dentro de bloques homogéneos cuya determinación quedará a juicio del Contratista. En el caso de que éste, decidiera proponer un



adelanto en alguno de los plazos fijados, deberá hacerlo como una variante suplementaria, justificando expresamente en este caso todas las repercusiones económicas a que diese lugar.

El Plan de Obra deberá ser aprobado oficialmente por la Empresa adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la Empresa y el Contratista vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.

En caso de desacuerdo sobre el Plan de Obra, una vez rechazado por la Empresa el tercero consecutivo se someterá la controversia a arbitraje, siendo desempeñado por un solo árbitro, que habrá de ser el profesional competente y habilitado, según la índole del tema considerado, designado por el Colegio Profesional correspondiente.

En este Plan, el Contratista indicará los medios auxiliares y mano de obra que ofrece emplear en la ejecución de cada una de las unidades de Obra característica, con indicación expresa de los rendimientos a obtener. Las unidades de Obra complementaria podrán agruparse a estos efectos, en bloques homogéneos, iguales a los indicados en el artículo 43. Los medios ofrecidos, que han de ser como mínimo los de la propuesta inicial, salvo que la Empresa, a la vista del Plan de Obra, autorice otra cosa, quedarán afectos a la obra y no podrán ser retirados o sustituidos salvo aprobación expresa de la Dirección de la misma.

La aceptación del Plan y relación de medios auxiliares propuestos por el Contratista no implica exención alguna de responsabilidad para el mismo en el caso de incumplimiento de los plazos parciales, o final convenido. Si el desarrollo de los trabajos no se efectuase de acuerdo al Plan aprobado y ello pudiera dar lugar al incumplimiento de plazos parciales o final, la Empresa podrá exigir del Contratista la actualización del Plan vigente, reforzando las

plantillas de personal, medios auxiliares e instalaciones necesarias a efectos de mantener los plazos convenidos y sin que el Contratista pueda hacer recaer sobre la Empresa las repercusiones económicas que este aumento de medios puede traer consigo. El Plan de Obra actualizado sustituirá a todos los efectos contractuales al anteriormente vigente, con la salvedad que se indica en el apartado siguiente.

En cualquier caso, la aceptación por parte de la Empresa de los Planes de Obra actualizados que se vayan confeccionando para adecuar el desarrollo real de los trabajos al mantenimiento de los plazos iniciales, no liberará al Contratista de las posibles responsabilidades económicas en que incurra por el posible incumplimiento de los plazos convenidos.

El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

Esta circunstancia ya se tiene en cuenta al establecer los plazos de cada obra que se fijan en su correspondiente Pliego Particular, por lo que en ningún caso pueden ser causa de concesión de prórroga las interferencias que al curso de la obra pueda originar el montaje, siempre y cuando el suministro de equipos y el propio montaje se mantengan en líneas generales dentro de los plazos y planes previstos, conforme a lo indicado en los artículos 47 y 50 del presente Pliego.

#### **ARTÍCULO.44.- Plazos de ejecución.**

La Empresa se establecerá los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el Contratista deberá ajustarse obligatoriamente. Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesarios para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de Contrato, salvo que el importe de la Obra característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrá en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

En el caso de que el importe de la Obra característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y finales se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

#### **ARTÍCULO.45.- Retenciones por retrasos durante la ejecución de la obra.**

Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al Contratista, tendrán como sanción económica para cada mes la retención por la Empresa, con abono a una cuenta especial denominada "Retenciones", del 50% de la diferencia entre el 90% de la Obra característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras complementarias.

El Contratista que en meses sucesivos realizase Obra característica por un valor superior a lo establecido en el Plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar de la cuenta de “Retenciones” la parte proporcional que le corresponda.

Cuando se alcance el plazo total previsto para la ejecución de la obra con un saldo acreedor en la cuenta de “Retenciones” quedará éste bloqueado a disposición de la Empresa para responder de las posibles multas y sanciones correspondientes a una posible rescisión. En el momento de la total terminación y liquidación de la obra contratada, se procederá a saldar esta cuenta abonando al Contratista el saldo acreedor si lo hubiere o exigiéndole el deudor si así resultase.

#### **ARTÍCULO.46.- Incumplimiento de plazos y multas.**

En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al Contratista, satisfará éste las multas que se indiquen en el Pliego Particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de estos, la Empresa podrá hacer repercutir sobre el Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la Empresa en los suministros a que venga obligada la Empresa, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado

por la Empresa como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 49.

#### **ARTÍCULO.47.- Supresión de las multas.**

Como la Empresa advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje, no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la Empresa podrá diferir a la nueva fecha de terminación, y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

#### **ARTÍCULO.48.- Premios y primas.**

En el Pliego Particular de Condiciones de la Obra, la Empresa podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y totales contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

La Empresa especificará las condiciones que deberán concurrir para que el Contratista pueda obtener dichos premios y/o primas.

La Empresa podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al Contratista o de fuerza mayor.

#### **ARTÍCULO.49.- Retrasos ocasionados por la empresa.**

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la Empresa, o interferencias ocasionadas por otros Contratistas, serán valorados en tiempo por la Dirección de la Obra, después de oír al Contratista, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

Para efectuar ésta, la Dirección tendrá en cuenta la influencia sobre la parte de obra realmente afectada, y la posibilidad de adelantar la ejecución de obras y unidades de obras, cuya realización estuviese prevista para fecha posterior.

#### **ARTÍCULO.50.- Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.**

Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportara sus consecuencias.

Si fuese por completo ajena a la actuación del Contratista el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por la Empresa en cuanto a las unidades de que se hubiese hecho previa medición, según se determina en el artículo 52. Si por causa de fuerza mayor no imputable al Contratista hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la Empresa con la prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la Empresa deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del Contratista.

### **ARTÍCULO.51.- Mediciones de las unidades de obra.**

Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos del replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra; los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del Contratista y del Director de la Obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorias y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en el Pliego Oficial.

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego Particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

Las mediciones con los datos recogidos de los elementos cualitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados, constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se recogerán por la Empresa en presencia del Contratista. La ausencia del Contratista, aún habiendo sido avisado previamente, supone su conformidad a los datos recogidos por la Empresa.

En caso de presencia del Contratista las mediciones serán avaladas con la firma de ambas partes.

El Contratista no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si las firmara con reservas, dispondrá de un plazo de 10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado ese plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

En el caso de la firma con reserva, se redactará un acta en la que se hará constar los motivos de disconformidad, acta que se unirá a la correspondiente medición.

En el caso de reclamación del Contratista las mediciones se tomarán a petición propia o por iniciativa de la Empresa, sin que estas comprobaciones prejuzguen, en ningún caso, el reconocimiento de que las reclamaciones están bien fundamentadas.

El Contratista está obligado a exigir a su debido tiempo la toma contradictoria de mediciones para los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobación o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que deben proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la Empresa con todas sus consecuencias.

#### **ARTÍCULO.52.- Certificación y abono de las obras.**

Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono. Corresponderá a la Empresa en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.



Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

Si el Contratista rehusase firmar una certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. La Empresa considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla. Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de la certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

Terminado el plazo de diez días, señalado en el epígrafe anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijaran contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente descompuestos, conforme a lo establecido en el artículo 6 del presente Pliego. La Dirección de Obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el Contratista.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el Contratista a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la Empresa. Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la Empresa, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de Administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el Contrato.

Cuando así lo admita expresamente el Pliego de Condiciones Particulares de la obra, o la Empresa acceda a la petición en este sentido formulada por el Contratista, podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cuantía que determine dicho Pliego, o en su defecto la que estime oportuno la Dirección de Obra.

Las cantidades abonadas a cuenta por este concepto se deducirán de la certificación de la unidad de obra correspondiente, cuando dichos materiales pasen a formar parte de la obra ejecutada.

En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del Contratista.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la calidad y demás

especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

Del importe de la certificación se retraerá el porcentaje fijado en el artículo 17 para la constitución del fondo de garantía.

Las certificaciones por revisión de precios, se redactarán independientemente de las certificaciones mensuales de obra ejecutada, ajustándose a las normas establecidas en el artículo 29.

El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de la misma. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del Contratista.

Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al Contratista, a petición escrita del mismo, intereses de demora.

Estos intereses se devengarán por el periodo transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real de pago. Siendo el tipo de interés, el fijado por el BANCO DE ESPAÑA, como tipo de descuento comercial para ese periodo.

#### **ARTÍCULO.53.- Abono de unidades incompletas o defectuosas.**

La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el Contratista vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas. De no

haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez. Cuando existan obras defectuosas o incompletas que la Empresa considere, que a pesar de ello puedan ser aceptables para el fin previsto, se abonarán teniendo en cuenta la depreciación correspondiente a las deficiencias observadas. En el Pliego de Condiciones Particulares se fijan resistencias, densidades, grados de acabado, tolerancias en dimensiones, etc. Se podrá hacer una proporcionalidad con las obtenidas, siempre que sean admisibles, o bien fijar de entrada una depreciación en los precios de un 10% para obras defectuosas pero aceptables.

#### **ARTÍCULO.54.- Recepción provisional de las obras.**

A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas, hayan sido terminadas, el Contratista lo pondrá en conocimiento de la empresa, mediante carta certificada con acuso de recibo.

La Empresa procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al Contratista por escrito, al menos con 15 días de anticipación. Si el Contratista no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.

Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un Acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

El Acta será firmada conjuntamente por el Contratista y la Dirección de la Obra.

Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirá provisionalmente las obras, empezando a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

Si por el contrario se observara deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al Contratista un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al Contratista, no se hubieran subsanado dichos defectos, la Empresa podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros contratistas, con cargo al fondo de garantía y si este no bastase, con cargo a la fianza definitiva. Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente las obras.

#### **ARTÍCULO.55.- Plazo de garantía.**

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 54, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante este plazo, será de cuenta del Contratista la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de estas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la Empresa.

Si el Contratista incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, la Empresa podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por Administración, deduciendo su importe del fondo de garantía y si no bastase, de la fianza definitiva, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Empresa en el caso de que el monto del fondo

de garantía y de la fianza no bastasen para cubrir el importe de los gastos realizados en dichos trabajos de reparación.

#### **ARTÍCULO.56.- Recepción definitiva de las obras.**

Una vez transcurrido el plazo de garantía se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el artículo 54 para la recepción provisional.

En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el Contratista no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación. Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del Contrato por parte del Contratista, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente exigida la responsabilidad del Contratista.

#### **ARTÍCULO.57.- Liquidación de las obras.**

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el Contratista no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva, tanto si ésta última se ha constituido Aval Bancario.

También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.

## **ÍNDICE PLIEGO CONDICIONES PARTICULARES.**

### **CAPITULO.I.- OBJETO DEL PLIEGO**

- ARTÍCULO.1.- Forma de adjudicación**
- ARTÍCULO.2.- Elementos objeto del contrato**
- ARTÍCULO.3.- Proposición económica y alternativas**
- ARTÍCULO.4.- Terminología**
- ARTÍCULO.5.- Actualización de tecnología**
- ARTÍCULO.6.- Régimen jurídico**

### **CAPITULO.II.- SERVICIOS A PRESTAR**

- ARTÍCULO.7.- Servicios a prestar**

### **CAPITULO.III.- PERSONAL DE EXPLOTACIÓN**

- ARTÍCULO.8.- Recursos humanos**
- ARTÍCULO.9.- Aprobación del organigrama**
- ARTÍCULO.10.- Horario de trabajo**
- ARTÍCULO.11.- Organigramas alternativos**
- ARTÍCULO.12.- Bajas por enfermedad u otras causas**
- ARTÍCULO.13.- Horas extraordinarias**
- ARTÍCULO.14.- Medios auxiliares**
- ARTÍCULO.15.- Salarios y cargas sociales**
- ARTÍCULO.16.- Personal operativo**
- ARTÍCULO.17.- Relación con la mancomunidad**
- ARTÍCULO.18.- Vestuario**
- ARTÍCULO.19.- Elementos de seguridad**
- ARTÍCULO.20.- Entrada a las instalaciones**
- ARTÍCULO.21.- Emergencias**
- ARTÍCULO.22.- Dirección e inspección**

### **CAPITULO.IV.- PLAZO DE VIGENCIA DEL CONTRATO**

- ARTÍCULO.23.- Inicio del contrato**



**ARTÍCULO.24.- Periodo de vigencia**

**ARTÍCULO.25.- Prórrogas**

**ARTÍCULO.26.- Cancelación del contrato**

**ARTÍCULO.27.- Reserva de la propiedad**

## **CAPITULO.V.- CAUDALES**

**ARTÍCULO.28.- Planta potabilizadora**

## **CAPITULO.VI.- CALIDADES DE LAS AGUAS TRATADAS**

**ARTÍCULO.29.- Salinidad promedio**

**ARTÍCULO.30.- Salinidad del agua producida por una membrana**

**ARTÍCULO.31.- Consumo de energía**

## **CAPITULO.VII.- ENSAYOS Y ANÁLISIS**

**ARTÍCULO.32.- Gestión de los laboratorios**

**ARTÍCULO.33.- Determinaciones a realizar**

**ARTÍCULO.34.- Periodicidad de los ensayos**

## **CAPITULO.VIII.- HERRAMIENTAS, REPUESTOS, FUNGIBLES Y REACTIVOS**

**ARTÍCULO.35.- Herramientas y repuestos**

**ARTÍCULO.36.- Inventario inicial**

**ARTÍCULO.37.- Productos fungibles, reactivos y productos químicos**

## **CAPITULO.IX.- AVERÍAS Y REPARACIONES**

**ARTÍCULO.38.- Desperfectos y averías**

**ARTÍCULO.39.- Reparaciones**

**ARTÍCULO.40.- Contratos de mantenimiento**

## **CAPITULO.X.- MEJORAS Y AMPLIACIONES**

**ARTÍCULO.41.- Mejoras en las instalaciones**

**ARTÍCULO.42.- Realización de las mejoras**

## **CAPITULO.XI.- INSPECCIÓN Y VIGILANCIA**

**ARTÍCULO.43.- Inspección de los equipos a presión y las tuberías**

**ARTÍCULO.44.- Personal de la mancomunidad**

**ARTÍCULO.45.- Libro de órdenes**

**ARTÍCULO.46.- Decisiones de la mancomunidad**

**ARTÍCULO.47.- Libros de explotación**

## **CAPITULO.XII.- GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA**

**ARTÍCULO.48.- Generales**

**ARTÍCULO.49.- Aportación económica**

**ARTÍCULO.50.- Tasas oficiales**

**ARTÍCULO.51.- Daños y perjuicios**

**ARTÍCULO.52.- Seguros**

## **CAPITULO.XIII.- ABONO DE LOS SERVICIOS**

**ARTÍCULO.53.- Periodicidad**

**ARTÍCULO.54.- Abono a cuenta**

**ARTÍCULO.55.- Arbitraje**

**ARTÍCULO.56.- Revisión de precios**

**ARTÍCULO.57.- Responsabilidad del contratista**

**ARTÍCULO.58.- Abono de la energía eléctrica**

**ARTÍCULO.59.- Costos fijos del agua no producida o tratada**

## **CAPITULO.XIV.- SANCIONES**

**ARTÍCULO.60.- Agua potabilizada**

**ARTÍCULO.61.- Energía eléctrica**

**ARTÍCULO.62.- Resto de obligaciones**

**ARTÍCULO.63.- Acumulación de sanciones**

**ARTÍCULO.64.- Dirección de los servicios por parte de la mancomunidad**

## **CAPITULO.XV.- CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

**ARTÍCULO.65.- Plazo de presentación**

**ARTÍCULO.66.- Lugar de presentación**

**ARTÍCULO.67.- Garantía provisional**

**ARTÍCULO.68.- Abono de cantidades y fianza definitiva**

**ARTÍCULO.69.- Apertura de proposiciones**

**ARTÍCULO.70.- Adjudicación**

**ARTÍCULO.71.- .Devolución de la fianza**

**ARTÍCULO.72.- Obligaciones del contratista**

**ARTÍCULO.73.- Juzgados y tribunales**

**ARTÍCULO.74.- Delegado del adjudicatario**

**ARTÍCULO.75.- Documentación exigida**

**CAPITULO.XVI.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA  
DESALADORA**

**ARTÍCULO.76.- Datos de partida**

**ARTÍCULO.77.- Consumo de reactivos**

**ARTÍCULO.78.- Análisis físico-químico del agua de mar**

## **CAPITULO.I.- OBJETO DEL PLIEGO**

### **ARTÍCULO.1.- Forma de adjudicación**

El presente Pliego tiene por objeto establecer las Bases para la contratación de los servicios de explotación, conservación y mantenimiento de LA PLANTA DESALADORA DE AGUA DE MAR DEL MUNICIPIO DE ROQUETAS DE MAR, en la provincia de Almería.

La adjudicación del contrato se realizará por concurso público, de acuerdo a lo previsto en la Ley de Contratos del Estado, la Ley de contratos de las Administraciones Públicas y demás normas de aplicación al efecto.

### **ARTÍCULO.2.- Elementos objeto del contrato**

Las instalaciones de infraestructura que son objeto del contrato de explotación, conservación y mantenimiento de las instalaciones son los incluidos en el CAPÍTULO 7: DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES, ANEXOS y en los PLANOS.

### **ARTÍCULO.3.- Proposición económica y alternativas**

La proposición económica del concursante comprenderá los costos de los servicios de explotación, conservación y mantenimiento de las instalaciones comprendidas en el listado de equipos citado y en planos, conforme al desglose que se indica en el modelo de Proposición Económica.

Cualquier proposición variante se realizará con el mismo desglose y presentación que la solución base, indicando la condición de solución variante. Se valorarán aquellas variantes que aporten la instalación de un sistema de

telemando y telecontrol para la red principal de distribución cuya inversión se amortice en tarifa.

#### **ARTÍCULO.4.- Terminología**

A efectos de aplicación del Pliego y de otro documento contractual, de concesión de la obra, se emplearán las siguientes denominaciones:

- ❖ Empresa licitadora: Se refiere a las personas físicas o jurídicas que formulan la oferta.
- ❖ Empresa concesionaria: Se refiere a la Empresa licitadora que resultare adjudicataria de la resolución del Concurso.
- ❖ Dirección técnica: Se refiere al conjunto de personas adscritas a la propiedad, que controlarán y vigilarán a la Empresa en el desarrollo de sus funciones durante el plazo de vigilancia de la concesión.

#### **ARTÍCULO.5.- Actualización de tecnología**

Durante el período de concesión, la Concesionaria estará facultada para dotar o modificar el sistema con aquellas características, accesorios o mejoras que considere permitan al mismo mantenerse tecnológicamente actualizado.

Las modificaciones y/o proyectos deberán ser presentados a la Mancomunidad con todos los detalles técnicos y financieros necesarios, que decidirá la posible aprobación y condicionado de los mismos.

#### **ARTÍCULO.6.- Régimen jurídico**

El régimen jurídico de este contrato y las facultades de la propiedad para su interpretación, se regirán por lo prevenido en la Ley 40/1981 de 28 de octubre, Real Decreto 3.046/77 de 9 de octubre, por el que se articula parcialmente la Ley 11/75 de Bases del Estatuto de Régimen Local;

Reglamento de Contratación de las Corporaciones Locales, en el que no se oponga a lo anterior, supletoriamente la Legislación de Contratos del Estado. El contrato tiene carácter administrativo y las cuestiones litigiosas se someterán a los Tribunales Contencioso-Administrativo competentes.

La propiedad podrá transferir sus obligaciones y derechos total o parcialmente a otro ente que pudiera gestionar los servicios objeto del presente Pliego, sin que por ello el concesionario pueda variar las condiciones del contrato.

## **CAPITULO.II.- SERVICIOS A PRESTAR**

### **ARTÍCULO.7.- Servicios a prestar**

Los servicios que obligatoriamente debe prestar el adjudicatario son los siguientes:

- ❖ Mantener el funcionamiento las instalaciones citadas, es decir la planta Desaladora de agua de mar, bombeos, redes de distribución, etc. Consiguiendo en todo momento, los caudales y características del agua desalada establecidas en el vigente proyecto.
- ❖ Mantener de forma continua el suministro de agua potable y realizar las operaciones necesarias para garantizar dicho suministros sin interrupciones no programadas en las previsiones de mantenimiento.
- ❖ Conservar en perfecto estado todos los elementos de infraestructura señalados en el artículo 2, ya se trate de obra civil o de equipos (mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc.).
- ❖ Realizar el mantenimiento de los elementos de infraestructura señalados en el artículo 2, en sus facetas de prevención y reparación de averías, se trate de obra civil o de equipos dentro de su período de vida útil.

- ❖ Velar por la seguridad de los elementos de infraestructura señalados en el artículo 2.
- ❖ Adquisición a cargo del adjudicatario de todos los materiales, productos y suministro de precios para la explotación y mantenimiento de los equipos de infraestructura señalados en el artículo 2, excepto la energía eléctrica que será contratada y abonada por la propiedad.
- ❖ Mantener en perfecto estado de funcionamiento todas las instalaciones mecánicas, eléctricas, electrónicas e instrumentación referente a la infraestructura del artículo 2.
- ❖ Realizar la limpieza de todas las instalaciones contempladas en el artículo 2, incluidas las oficinas, despachos, mobiliario, laboratorios, servicios, etc. Bien estén ocupados por personal del adjudicatario o de la propiedad.
- ❖ Mantener en buen estado de pintura todos los elementos del artículo 2, ya se trate de obra civil o de equipos.
- ❖ Conservar en perfectas condiciones de operación, estética y limpieza todos los elementos anejos a las infraestructuras contempladas en el artículo 2.
- ❖ Cuidar y realizar las operaciones necesarias para el perfecto funcionamiento de las instalaciones de control de la planta Desaladora de agua de mar.
- ❖ Prestar el servicio de vigilancia y reparación de las averías de todos los elementos de infraestructura del artículo 2 fuera de la jornada de trabajo en días festivos.
- ❖ El adjudicatario se obliga a tener al día las fichas de mantenimiento preventivo, histórico de averías u otros datos de mantenimiento, así como de informar por escrito a la propiedad con un mínimo de tres meses de antelación respecto a la necesidad de renovación de equipos.
- ❖ Realizar lectura diaria de todos los volúmenes de agua potable suministrados tanto en el depósito de agua como en la estación de bombeo y punto de conexión con la red municipal y otros usuarios.
- ❖ Todos los datos relativos a las lecturas se suministrarán diariamente a la propiedad.

- ❖ El Jefe de Explotación Mantenimiento despacharán con la mancomunidad con una periodicidad mensual, debiendo facilitar a la misma:
  - Partes de explotación, conservación y mantenimiento de las instalaciones.
  - Partes de incidencia y averías.
  - Partes de mantenimiento preventivo.
  - Informes periódicos de explotación, mantenimiento y estado de las instalaciones.
  - Informes técnicos solicitados por la Mancomunidad.
  - Cualquier otra información solicitada por la Mancomunidad.
  
- ❖ Diariamente se mandará un fax a la Mancomunidad con la distribución del día anterior.
  
- ❖ Informar sin demora a la propiedad de las averías, anomalías e incidencias y principalmente las que afectan a la calidad y caudales de suministro de agua, seguridad de las instalaciones, etc.

### **CAPITULO.III.- PERSONAL DE EXPLOTACIÓN**

#### **ARTÍCULO.8.- Recursos humanos**

El adjudicatario del concurso se obliga a asignar a las instalaciones señaladas en el artículo 2, los medios humanos necesarios para la prestación de los servicios objeto del presente Pliego. Éstos serán a cargo y dependerán del contratista adjudicatario, no teniendo sobre dichos medios humanos atribución ni responsabilidad alguna la propiedad.



### **ARTÍCULO.9.- Aprobación del organigrama**

No obstante, lo anteriormente expresado, el Contratista adjudicatario deberá obtener la aprobación de la propiedad, previamente a la incorporación de los recursos humanos, del organigrama del arrendatario del servicio contratado, debiendo facilitar a la propiedad el historial profesional, las cualificaciones profesionales y todos los datos de los candidatos, que la propiedad estime pertinentes.

### **ARTÍCULO.10.- Horario de trabajo**

Todos los puestos del organigrama del artículo 9, a excepción del jefe de planta y el administrativo, deberán ser cubiertos permanentemente de Lunes a Domingo en turnos de duración de 8 horas a negociar con la propiedad. Los Jefes de turno y los ayudantes, se cubrirán con el personal correspondiente durante las 24 horas del día y los 365 días del año.

### **ARTÍCULO.11.- Organigramas alternativos**

De manera debidamente justificada podrá el ofertante presentar otros organigramas en proposiciones alternativas.

### **ARTÍCULO.12.- Bajas por enfermedad u otras causas**

El contratista tendrá previsto cubrir de forma inmediata cualquiera de las emergencias que se pudiesen producir por baja o enfermedad, falta de trabajo por cualquier motivo, teniendo controlada en todo momento la asistencia y estancia en el trabajo.

La propiedad deberá rechazar totalmente o parcialmente los recursos humanos de la contrata, caso de que, por los motivos que fuera, no desarrollen

con eficacia las funciones que tengan encomendadas, o por actividades que perjudiquen la imagen de la propiedad.

### **ARTÍCULO.13.- Horas extraordinarias**

Correrán a cargo del adjudicatario las posibles horas extraordinarias a realizar por los recursos humanos de la contrata en caso de averías, actuaciones de emergencia, maniobra de las instalaciones, vigilancia, etc., fuera de los horarios previstos en el artículo 10.

### **ARTÍCULO.14.- Medios auxiliares**

Para atender las necesidades objeto del presente contrato, el Contratista dispondrá por su cuenta de los vehículos y demás medios auxiliares que estime necesarios y que obligatoriamente detallará en su oferta, quedando asignados los mismos al servicio debiendo disponer del anagrama de la propiedad.

La amortización de estos medios auxiliares se realizará durante el período de vigencia del contrato sin cargo alguno al concepto de Dirección, Administración o Beneficio Industrial, quedando al final del período a disposición de la propiedad.

La selección de medios auxiliares se realizará conjuntamente entre la propiedad y el concesionario.

### **ARTÍCULO.15.- Salarios y cargas sociales**

Todos los recursos humanos de la contrata destinados al contrato de arrendamiento de servicios de este Pliego, deberán percibir, como mínimo, los haberes o jornales fijados en los correspondientes convenios o Reglamentaciones laborales vigentes y estarán en todo momento al corriente de los pagos de la Seguridad Social y demás cargas sociales establecidas.

#### **ARTÍCULO.16.- Personal operativo**

El personal operativo en el artículo 9 se entenderá como el operativo a efectos del contrato, no pudiendo el Contratista aludir la falta de recursos humanos para suspender, retrasar o reducir los servicios objeto del contrato, debiendo siempre disponer del personal necesario para su desarrollo, sin repercusión alguna en el precio correspondiente a la prestación del servicio.

#### **ARTÍCULO.17.- Relación con la mancomunidad**

La Mancomunidad no contraerá ninguna relación laboral con el personal de la Empresa adjudicataria durante la vigencia del contrato ni a su terminación.

#### **ARTÍCULO.18.- Vestuario**

Todos los recursos humanos de la contrata de servicio de las instalaciones cuyo mantenimiento, conservación y explotación es objeto del contrato, deberán actuar vestidos correctamente con ropa de faena, de acuerdo con el oficio que desempeñen.

El contratista adjudicatario procurará a su personal la ropa de trabajo en cantidad suficiente para que su aspecto sea adecuado en todo momento.

#### **ARTÍCULO.19.- Elementos de seguridad**

Serán también a cargo del Contratista los elementos de seguridad necesarios para la ejecución de los trabajos, así como los protocolos de revisión y calibración conforme a la Legislación vigente de Seguridad y Salud en el Trabajo.

## **ARTÍCULO.20.- Entrada a las instalaciones**

Aparte del personal del Contratista y el de la propiedad, no se permitirá la entrada a ninguna otra persona que no vaya provista de una autorización expresa de la propiedad.

## **ARTÍCULO.21.- Emergencias**

El Contratista dispondrá de un servicio de guardia que atenderá todos los avisos de emergencia que se produzcan en las instalaciones cuya explotación, conservación y mantenimiento son objeto de este concurso. Este servicio será permanente durante las 24 horas del día y todos los días del año (laborables, festivos, etc.), siendo el plazo máximo de respuesta de dos horas a partir de la hora en la que ha tenido lugar la incidencia.

## **ARTÍCULO.22.- Dirección e inspección**

La Dirección e inspección de los servicios de explotación, conservación y mantenimiento corresponderá a la Dirección de la propiedad.

## **CAPITULO.IV.- PLAZO DE VIGENCIA DEL CONTRATO**

### **ARTÍCULO.23.- Inicio del contrato**

El comienzo de los trabajos correspondientes a la prestación de los servicios previstos en este Pliego se realizará dentro del mes siguiente a la firma del contrato.

#### **ARTÍCULO.24.- Periodo de vigencia**

Las ofertas contendrán obligatoriamente proposiciones económicas con las variantes para períodos de vigencia del contrato de 5 y 10 años.

Cualquiera que sea la proposición seleccionada, la Propiedad podrá cancelar el contrato a partir del tercer año mediante la correspondiente liquidación en la que no se considerará el lucro cesante sino solamente aquellos conceptos que afecten a amortizaciones.

#### **ARTÍCULO.25.- Prórrogas**

Si la Propiedad lo considerase conveniente para sus intereses, podrá prorrogar el plazo de vigencia del contrato por un año revisando los precios de acuerdo a los índices de revisión previstos, debiendo para ello mediar preaviso con tres meses de antelación.

#### **ARTÍCULO.26.- Cancelación del contrato**

En el caso de resolución del contrato que se divide de la adjudicación que este Pliego contempla, se estará a lo que este efecto indique la Ley de Contratos y Administraciones Públicas para Concesiones Administrativas mediante concurso. El Contratista, no obstante, no podrá cesar en sus obligaciones sin un preaviso de 180 días naturales sea cual fuera la razón por la que requiera la cancelación del contrato de explotación. Dicho período será objeto de abono por la propiedad en las condiciones contractuales vigentes.

#### **ARTÍCULO.27.- Reserva de la propiedad**

Aunque el objeto del Contrato queda definido en el artículo 2, la Mancomunidad contratante se reserva la facultad de modificar las prestaciones a realizar por el contratista, siempre que el interés del servicio lo requiera.

Estas modificaciones podrán referirse a las calidades que han de obtenerse en el efluente y/o los procedimientos del tratamiento del agua bruta y el volumen a tratar.

En su caso, estas modificaciones requerirán la previa audiencia del Contratista, y las variaciones de las unidades que puedan resultar serán apreciadas contradictoriamente.

## **CAPITULO.V.- CAUDALES**

### **ARTÍCULO.28.- Planta potabilizadora**

El caudal de diseño de la Planta potabilizadora es de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día. Los caudales a distribuir desde la planta desaladora hasta los depósitos reguladores serán fijados por la Propiedad. Estos valores tienen un carácter meramente orientativo, y en ningún caso tendrá carácter contractual.

## **CAPITULO.VI.- CALIDADES DE LAS AGUAS TRATADAS**

El adjudicatario del contrato utilizará la línea de tratamiento existente en la planta origen del concurso.

### **ARTÍCULO.29.- Salinidad promedio**

La salinidad promedio semestral ponderada (por semestre natural) del agua tratada será inferior a los 400 ppm. La medida de dicha salinidad se realizará en el depósito de almacenamiento existente en la potabilizadora.

### **ARTÍCULO.30.- Salinidad del agua producida por una membrana**

Cada membrana nueva, considerada individualmente, situada en el banco de pruebas y trabajando con las presiones, temperaturas, conversiones de diseño, etc., normalizadas para pruebas, producirá un rechazo de sales superior al 99,2%.

### **ARTÍCULO.31.- Consumo de energía**

La medición del consumo eléctrico se realizará en los contadores de alta de la estación transformadora. El consumo eléctrico específico semestral se realizará dividiendo el consumo total marcado en el contador por la cantidad total de agua producto bombeada a los depósitos municipales medido en los contadores de salida de la instalación de bombeo.

## **CAPITULO.VII.- ENSAYOS Y ANÁLISIS**

### **ARTÍCULO.32.- Gestión de los laboratorios**

El Laboratorio Químico de la Planta será gestionado directamente por el contratista, reservándose la Propiedad el derecho a supervisión e información sin limitación alguna, o la posibilidad de realizar análisis en otro laboratorio.

### **ARTÍCULO.33.- Determinaciones a realizar**

Se deberán realizar las siguientes determinaciones:

- ❖ Temperatura del agua de mar en las distintas fases del tratamiento.
- ❖ pH del agua en las distintas fases del tratamiento.
- ❖ Potencial redox del agua de mar antes de su llegada a las membranas.

- ❖ Contenido en bacterias totales del agua en las distintas fases del tratamiento.
- ❖ Balance iónico del agua de mar.
- ❖ Balance iónico del perneado y del agua bombeada al exterior.
- ❖ Contenido en cloro residual del agua bombeada al exterior.
- ❖ Sondeo de tubos para ver el estado de las distintas membranas.
- ❖ Comprobación de las características de cada membrana individual, antes de su sustitución.
- ❖ Comprobación de las características de los distintos reactivos utilizados.

#### **ARTÍCULO.34.- Periodicidad de los ensayos**

Los concursantes deberán incluir en su oferta el Plan de Seguimiento anual que proponen, en el que se refleje el número y frecuencia de los ensayos antes descritos y los complementarios que considere convenientes.

### **CAPITULO.VIII.-HERRAMIENTAS, REPUESTOS, FUNGIBLES Y REACTIVOS**

#### **ARTÍCULO.35.- Herramientas y repuestos**

El Contratista queda obligado a disponer en las instalaciones de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos necesarios para un mantenimiento preventivo, para el funcionamiento normal, para las reparaciones necesarias y, en general, para la prestación de los servicios previstos en el presente Pliego.

Previo a la fecha de comienzo de prestación de los servicios, el adjudicatario presentará ante la propiedad una propuesta con el listado de



materiales, herramientas y repuestos necesarios para la prestación de los servicios previstos en el presente Pliego.

#### **ARTÍCULO.36.- Inventario inicial**

Con antelación a la fecha del comienzo de los servicios del Contratista, se procederá, por éste y por la Propiedad a redactar un inventario de todos los vehículos, herramientas, materiales, aparatos y repuestos existentes en los almacenes. El Contratista podrá proponer la adquisición previa de otros elementos, justificando debidamente su necesidad, y la Propiedad resolverá libremente si se está en el caso de hacerlo, quedando entonces incluido en el inventario inicial. El Contratista presentará todos los 30 de enero de cada año a la Propiedad una relación del inventario actualizado.

#### **ARTÍCULO.37.- Productos fungibles, reactivos y productos químicos**

Serán de cuenta del Contratista todos los reactivos y productos químicos necesarios, tanto por el laboratorio como para el funcionamiento de las instalaciones. Los reactivos podrán variar en la realidad respecto a lo previsto en la oferta, siendo obligación del Contratista preverlo en la misma. No se aceptarán incrementos de precio por mayor consumo de reactivos o uso de reactivos no previstos, salvo razón de fuerza mayor o causa debidamente justificada, que así sea reconocida por la propiedad, o bien por la autoridad judicial. Pasado un período de un año se fijará contradictoriamente los límites cuantitativos de aditivos a utilizar.

Los servicios de descarga de reactivos desde el vehículo o sistema de suministro a las instalaciones objeto de este Pliego correrán, asimismo, a cargo del Adjudicatario.

## **CAPITULO.IX.- AVERÍAS Y REPARACIONES**

### **ARTÍCULO.38.- Desperfectos y averías**

El Contratista deberá reparar rápidamente y a su costa cuantos desperfectos y averías se produzcan en las instalaciones previstas y en las que pudieran adquirir posteriormente.

### **ARTÍCULO.39.- Reparaciones**

Siempre que sea posible, las reparaciones se harán en las propias instalaciones, excepto aquellas de especial importancia que requieran la sustitución de elementos complejos o el traslado de los elementos averiados a taller. En cualquier caso, se procederá con la máxima rapidez, recurriendo, cuando haya lugar, a talleres especializados y de acreditada solvencia.

### **ARTÍCULO.40.- Contratos de mantenimiento**

El Contratista podrá formalizar por su cuenta y a su cargo, con los fabricantes de determinados equipos, contratos de mantenimiento de equipos cuya conservación sea muy especializada. En cualquier caso, el Contratista adjudicatario del concurso correspondiente al presente Pliego será el responsable del adecuado funcionamiento de todos los equipos.

## **CAPITULO.X.- MEJORAS Y AMPLIACIONES**

### **ARTÍCULO.41.- Mejoras en las instalaciones**

La Propiedad podrá establecer, por iniciativa propia o a propuesta del Concesionario, mejoras o ampliaciones de carácter secundario a su costa, sea en beneficio de los índices, de la calidad de las aguas, o de la economía del mantenimiento. Cuando se produzca en ellas un aumento o una reducción de los costes de mantenimiento o explotación, serán estudiados contradictoriamente, y su importe se aplicará elevando o reduciendo, respectivamente, el correspondiente precio ofertado.

### **ARTÍCULO.42.- Realización de las mejoras**

En el caso previsto en el apartado precedente, la propiedad queda en total libertad para efectuar las mejoras o ampliaciones por medio del Contratista o por cualquier otro sistema.

En cualquier caso, el Contratista queda obligado a facilitar la realización de cualquier tipo de obra que estime la Propiedad en las distintas instalaciones.

## **CAPITULO.XI.- INSPECCIÓN Y VIGILANCIA**

### **ARTÍCULO.43.- Inspección de los equipos a presión y las tuberías**

Para cada aparato a presión construido, con excepción de las tuberías, el fabricante deberá elaborar un manual de construcción acorde al manual de diseño, del cual se entregará copia al usuario, que comprenderá:

- ❖ Número de inscripción en el Libro de Registro de Fabricantes de la Respectiva Delegación Provincial del Ministerio De Industria y Energía de la provincia donde se fabrique el aparato.
- ❖ Nombre, razón social y domicilio de la ingeniería.
- ❖ Planos constructivos complementarios básicos que figuren en el manual de diseño, comprobados por la ingeniería si fuese requerido contractualmente para ello por el fabricante o el usuario.
- ❖ Certificados de calidad de los materiales base y materiales de aportación y de los componentes del aparato empleado en su construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante, que puede ser propio o contratado a una ingeniería o entidad colaboradora.
- ❖ Procedimientos de conformado, soldadura, tratamientos térmicos y controles, calificación de procedimientos de soldaduras, todo ello aprobado por el control de calidad del fabricante.
- ❖ Plano de situación de las zonas sometidas a control por ensayos no destructivos, ensayos requeridos, extensión de los mismos y resultados. Las placas radiográficas serán conservadas adecuadamente por el fabricante durante cinco años como mínimo, a partir de la fecha de fabricación del aparato.
- ❖ Certificado de ensayos y pruebas realizadas durante la construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante o una entidad colaboradora, indistintamente, y comprobados por la ingeniería si fuera requerida contractualmente para ello por el usuario.
- ❖ Acta de la prueba a presión realizada por el fabricante y aprobada por el control de calidad del fabricante.
- ❖ Certificado del fabricante del aparato, en el que se hará constar que éste ha sido construido de acuerdo con el manual de diseño, el código y normas utilizadas en su fabricación.

El fabricante de un aparato a presión es responsable de que dicho aparato ofrezca las garantías debidas para el fin que se destina.

Por cada instalación el instalador deberá elaborar un expediente de instalación acorde con los manuales de diseño y construcción, del cual entregará copia al usuario. Este expediente comprenderá:

- ❖ Número de inscripción en el Libro de Registro de Instaladores de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se encuentre su domicilio social.
- ❖ Nombre, razón social y domicilio tanto del fabricante como del instalador.
- ❖ Relación de aparatos a instalar.
- ❖ Procedimientos de soldadura y calificación de la mano de obra, aprobados por el control de calidad del instalador.

El instalador de todo sistema a presión es responsable de cualquier deficiencia que pudiera observarse o derivarse de las operaciones de instalación.

Todos los aparatos a presión deberán ser sometidos a las inspecciones y pruebas previas a la puesta en servicio.

Para todas las tuberías contempladas en este proyecto se realizarán las siguientes pruebas y comprobaciones en el lugar de emplazamiento:

- ❖ Examen visual, control de espesores e identificación de los materiales.
- ❖ Primera prueba de presión, en el caso de no haber sido probadas en el taller.

#### **ARTÍCULO.44.- Personal de la mancomunidad**

El personal asignado por la Propiedad realizará la inspección, control y vigilancia tanto de los procesos como de las instalaciones, por lo que tendrá acceso y circulación por todas las instalaciones, suministrando al Adjudicatario cuanta información solicite periódicamente o incidentalmente.

Por otro lado, podrá dictar cuantas disposiciones estime convenientes para la mejor realización de los servicios aun cuando no estén exactamente en el contrato.

#### **ARTÍCULO.45.- Libro de órdenes**

El Contratista adjudicatario deberá atender con toda solicitud a cuantas órdenes dicte la Dirección de la Propiedad, a cuyo fin existirá en las instalaciones un libro de órdenes firmado y sellado por la Dirección de la Propiedad, al cual podrá acudir el Contratista en caso de disconformidad con alguna orden dentro del plazo máximo de veinticuatro horas.

#### **ARTÍCULO.46.- Decisiones de la mancomunidad**

Las decisiones de la Propiedad tendrán carácter ejecutivo, sin perjuicio de los demás derechos legales del Contratista, una vez cumplidas.

#### **ARTÍCULO.47.- Libros de explotación**

### **CAPITULO.XII.- GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA**

#### **ARTÍCULO.48.- Generales**

Además de todos los gastos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Pliego, serán también de cuenta del Contratista, los de protección de materiales, seguridad tanto de personas como de equipos e instalaciones, daño o incendio; los de conservación y reparación de caminos, jardines pasarelas y desagües; los que afectan a la limpieza general de las instalaciones y los ocasionados por la corrección de las deficiencias que se

pongan de manifiesto en las inspecciones, ensayos y pruebas sobre la marcha de la instalación y el estado de sus elementos.

#### **ARTÍCULO.49.- Aportación económica**

Las ofertas de explotación de la Desaladora de agua de mar deberán incluir una determinada aportación económica. Este importe deberá satisfacerse obligatoriamente en el momento de la firma del contrato. Con tal finalidad, el contratista presentará junto con su oferta, un aval por el importe anteriormente mencionado. De igual forma se extenderá el cargo al resultado de la liquidación final de las obras de construcción de la desaladora de agua de mar, con el mismo sistema. Este importe deberá ser amortizado por el contratista durante la vigencia del contrato, con cargo al m<sup>3</sup> de agua desalada producida, debiendo estar incluido, de forma diferenciada, en el precio del m<sup>3</sup> ofertado.

#### **ARTÍCULO.50.- Tasas oficiales**

El Contratista tendrá también en cuenta las deducciones que sobre el importe de las certificaciones pueda aplicar la propiedad por las tasas oficiales vigentes.

#### **ARTÍCULO.51.- Daños y perjuicios**

El Contratista adjudicatario será responsable de los daños y perjuicios que pudieran ocasionarse en razón del cumplimiento del contrato.

#### **ARTÍCULO.52.- Seguros**

El Contratista adjudicatario está obligado a suscribir una póliza de seguro de responsabilidad civil general suficiente, conforme a la legislación vigente Española y Comunitaria, que cubra tanto los daños que pudieran

ocasionarse a la Propiedad como a cualquier otro tercero que pudiera resultar perjudicado. Esta póliza deberá suscribirse obligatoriamente durante el primer mes de prestación del Servicio y se extenderán durante el período de vigencia del contrato. El contratista adjuntará una fotocopia compulsada de la póliza suscrita junto a las facturas de los meses de enero, mayo y septiembre.

## **CAPITULO.XIII.- ABONO DE LOS SERVICIOS**

### **ARTÍCULO.53.- Periodicidad**

Se realizará con periodicidad mensual una certificación expedida por el contratista que deberá ser aprobada por la propiedad. Las certificaciones mensuales se abonarán en un plazo no superior a cuatro meses contados a partir de la fecha de aceptación de la misma.

### **ARTÍCULO.54.- Abono a cuenta**

En caso de desacuerdo entre las partes sobre el contenido de la certificación mensual sometida a aprobación se abonará el importe correspondiente a las cantidades sobre las que no haya desacuerdo, posponiendo el resto del importe a un acuerdo contradictorio entre las partes.

### **ARTÍCULO.55.- Arbitraje**

Si la consideración de los Pliegos por la propiedad y el Adjudicatario no llevará a un acuerdo, las discrepancias se someterán a arbitraje de un tercero quien deberá dictaminar lo que procede a la vista de ambos Pliegos a los que



libremente se podrán añadir para mejor proveer las diligencias que cada parte estime oportunas.

Las partes, a este efecto, aceptarán como árbitro al que se designe de mutuo acuerdo.

#### **ARTÍCULO.56.- Revisión de precios**

Los precios que se incluyan en la propuesta económica serán revisables anualmente desde la fecha de la proposición a las facturaciones correspondientes de acuerdo con la fórmula-tipo de Revisión de Precios Nº 39 de la Ley de Contratos del Estado que se prevé para entretenimiento y conservación de obras e instalaciones, o las modificaciones que puedan producirse posteriormente.

$$K_t = 0.8I_{Ht}/H_o + 0.02E_t/E_o + 0.02S_t/S_o + 0.15$$

Donde: H = es el índice de la mano de obra

E = el de energía

S = el de materiales siderúrgicos

Y donde los subíndices “t” y “o” indican que los índices a que afectan corresponden, respectivamente, alas fechas de la certificación y la de la licitación o última revisión de precios, en el caso de sucesivas revisiones de precios.

Los índices referidos anteriormente serán los publicados en el Ministerio de Hacienda, y, en su defecto, por el Instituto de Estadística, en el B.O.E.

Las certificaciones correspondientes al primer año de vigencia del contrato estarán exentas de revisión debiéndose, a partir de esta fecha, realizar revisiones semestrales en función de los índices que hayan sido aprobados hasta ese momento.

### **ARTÍCULO.57.- Responsabilidad del contratista**

Será responsabilidad exclusiva del ofertante la evaluación y valoración del precio del m<sup>3</sup> que debe ser abonado por la propiedad contra la prestación de los servicios solicitados en el presente Pliego.

Asimismo, deberá ser el contratista quien en su oferta considere cualquier costo no contemplado en las anteriores consideraciones si lo entiende oportuno.

### **ARTÍCULO.58.- Abono de la energía eléctrica**

El contrato de energía eléctrica será realizado por la propiedad no procediendo que el contratista cargue gastos generales ni ningún otro cargo sobre los importes abonados por la propiedad.

El consumo energético garantizado por el contratista, por cada m<sup>3</sup> útil de agua desalada, asciende a 34,09 kWh.

Todo consumo medio superior a los valores anteriores en cómputo semestral, será descontado al contratista directamente de su factura correspondiente al último mes del semestre en que se compute el consumo energético de la planta.

### **ARTÍCULO.59.- Costos fijos del agua no producida o tratada**

En el caso de que la producción de agua potabilizada fuese inferior al previsto en el presente Pliego (4.961.213,4 m<sup>3</sup>/año), la propiedad abonaría también los costos fijos correspondientes a la diferencia entre los valores anuales correspondientes a las cifras anteriores y los realmente producidos y tratados, previa aplicación a estos importes de la parte correspondiente de

gastos generales y beneficio industrial que suponen en su conjunto el 16%, excepto si fuese imputable al adjudicatario.

Estas consideraciones no se tendrán en cuenta en casos en que se produzcan paradas por causas de fuerza mayor, cuya repercusión económica será sometida a acuerdo contradictorio.

## **CAPITULO.XIV.- SANCIONES**

### **ARTÍCULO.60.- Agua potabilizada**

Las deficiencias en la calidad del agua potabilizada obtenida, serán sancionadas por medio de deducciones en las certificaciones mensuales que se abonen al adjudicatario. Estas deducciones serán las siguientes:

0,06 €/m<sup>3</sup> por cada 50 mg/l o fracción que supere la salinidad de 400 ppm. Con un máximo de dos tramos.

### **ARTÍCULO.61.- Energía eléctrica**

Todo consumo de energía que supere los valores indicados en el artículo 58. o bien los que haya garantizado el contratista en su oferta, será valorado semestralmente al precio al que le resulte a la propiedad, siendo descontado dicho importe de la factura que emita el contratista el último mes de cada semestre, como se indica en el artículo 58.

### **ARTÍCULO.62.- Resto de obligaciones**

El incumplimiento de las demás obligaciones de este Pliego, no debidas a causas de fuerza mayor, serán sancionadas con las siguientes deducciones en las certificaciones de abono al Adjudicatario:

La paralización parcial o total de la Estación Desaladora sin causa justificada será sancionada por la propiedad con 1.502,53 €/día. En tal sentido se consideran justificadas, paradas de mantenimiento con un máximo de 20 días/año. Las paradas producidas por fuerza mayor debidamente justificadas y aceptadas por la propiedad producirán una anulación de la sanción correspondiente. Las paradas provocadas por el corte de suministro eléctrico serán tenidas en cuenta para la determinación justa de la sanción a aplicar por incumplimiento de la producción garantizada, pero no será tenida en cuenta a efectos de la sanción por exceso de salinidad.

Por cada falta leve, que suponga negligencia o descuido en la atención de las instalaciones objeto del artículo 2, 601,01 €.

Por cada falta grave o reincidencia en la realización de faltas leves; desobediencia reiterada a las órdenes de la Dirección de la propiedad, o acciones u omisiones que alteren de modo notorio la regularidad del mantenimiento, explotación o conservación: 1.502,53 €.

#### **ARTÍCULO.63.- Acumulación de sanciones**

Todas las sanciones especificadas anteriormente, serán independientes entre sí y por tanto acumulativas.

Caso de aplicarse las sanciones, el importe correspondiente a las mismas se deducirá directamente de la factura o certificación presentada por el adjudicatario correspondiente a los servicios prestados.

#### **ARTÍCULO.64.- Dirección de los servicios por parte de la mancomunidad**

En atención al servicio público que se presta mediante el contrato de Concesión Administrativa objeto del presente Pliego, en caso de que a juicio de la Dirección de la propiedad pueda entenderse que pelagra el suministro de

agua en cantidad o calidad suficiente, la propiedad podrá tomar la Dirección directa de los servicios subcontratados, sin perjuicio de que proceda, por los medios legales establecidos, a la denuncia del contrato o a su resolución.

## **CAPITULO.XV.- CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

### **ARTÍCULO.65.- Plazo de presentación**

El plazo de presentación de proposiciones será de 30 días hábiles contados a partir del siguiente a la publicación en el boletín oficial para presentar oferta formal a la propiedad.

### **ARTÍCULO.66.- Lugar de presentación**

Las propuestas deberán ser presentadas en la sede de la propiedad junto con la documentación exigida incluso el aval que se requiere en el apartado siguiente.

### **ARTÍCULO.67.- Garantía provisional**

En concepto de garantía provisional, los licitadores depositarán en las oficinas de la propiedad los avales referidos en el artículo 49 de este Pliego, de conformidad con el artículo 370 del Reglamento de Contratos del Estado.

### **ARTÍCULO.68.- Abono de cantidades y fianza definitiva**

El contratista adjudicatario deberá, además de abonar la cantidad señalada en el apartado anterior, constituir una fianza definitiva en el plazo de diez (10) días contados a partir de la notificación de la adjudicación definitiva.

El abono de la cantidad citada y la constitución de los avales, se realizará en las oficinas de la propiedad.

#### **ARTÍCULO.69.- Apertura de proposiciones**

La apertura de proposiciones tendrá lugar en la sede de la propiedad dentro de los 15 días siguientes a la recepción de las ofertas.

#### **ARTÍCULO.70.- Adjudicación**

La propiedad efectuará la adjudicación a la propuesta más favorable o declarará desierto el concurso. Se entenderá por propuesta más favorable, la más beneficiosa para la propiedad, en opinión de ésta, o ninguna.

#### **ARTÍCULO.71.- Devolución de la fianza**

Finalizado el contrato y efectuada la recepción total de las prestaciones, cumplidas íntegramente las condiciones y no existiendo responsabilidades exigibles, podrá devolverse la fianza previos los trámites reglamentarios.

#### **ARTÍCULO.72.- Obligaciones del contratista**

Otras obligaciones del Contratista adjudicatario serán las siguientes:

- ❖ Formalizar el contrato.
- ❖ Prestar los servicios previstos en el presente Pliego y a las órdenes de la Dirección la propiedad o persona en quien delegue (coordinador), no pudiendo ceder, en todo o parte, el contrato a otra persona sin la autorización expresa de la propiedad.
- ❖ Notificar en el plazo de QUINCE (15) DIAS, las incapacidades que hubieran podido sobrevenir.

- ❖ Pagar todos los gastos que se originen a consecuencia de la formalización del contrato.
- ❖ Abonar todos los tributos (tasas, contribuciones e impuestos) estatales, provinciales y locales a que diese lugar la formalización del contrato.
- ❖ Cumplir las disposiciones vigentes en materia laboral, Seguridad Social y Seguridad y Salud en el Trabajo; en especial, de conformidad con lo establecido en el artículo 204.2.b) de la Ley de la Seguridad Social texto refundido aprobado por Decreto 2065/1974, de 30 de Mayo, el adjudicatario deberá cubrir las contingencias de accidente de trabajo y enfermedad profesional del personal a su servicio de la Mutualidad Laboral correspondiente.
- ❖ Cumplir las disposiciones vigentes en materia de ordenación y defensa de la Industria Nacional.
- ❖ Indemnizar los daños y perjuicios que ocasione a causa o con motivo de la ejecución de los servicios objeto del presente Pliego.
- ❖ Otras que resulten de lo dispuesto en el Pliego, el contrato o disposición legal aplicable. Por ningún motivo, ni aun por demora en el pago, podrá el Contratista interrumpir el cumplimiento del contrato.

### **ARTÍCULO.73.- Juzgados y tribunales**

Las cuestiones incidentales que surgieran del contrato serán resueltas por la propiedad o atendiendo a lo dispuesto en este Pliego, y en los litigios que puedan derivarse serán Jueces, Tribunales y Fueros que pudieran corresponderle por cualquier causa.

El contrato se registrará por el Real Decreto Legislativo 781/1986, de 18 de Abril, por el que se aprueba el texto refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de Régimen Local y demás disposiciones legales vigentes que le sean de aplicación.

Las normas de Derecho Privado, serán aplicables como derecho supletorio para resolver las cuestiones que puedan dar lugar la interpretación, efectos, cumplimiento y extinción del contrato, que no puedan ser deducidas por las disposiciones citadas en el apartado anterior.

El adjudicatario no poseerá ningún derecho sobre la propiedad, utilización o destino de las aguas de la propiedad.

#### **ARTÍCULO.74.- Delegado del adjudicatario**

El Contratista adjudicatario deberá nombrar un Delegado del adjudicatario cuyo nombre deberá figurar en el contrato y deberá acreditar poder suficiente del contratista adjudicatario.

El Delegado del Contratista será el interlocutor de la propiedad en aquellos aspectos de tipo económico administrativo que se susciten y posibles reclamaciones por deficiencias en el servicio prestado.

#### **ARTÍCULO.75.- Documentación exigida**

Con la proposición se presentarán los siguientes documentos:

- ❖ Una Memoria, firmada por el proponente, comprensiva de sus referencias técnicas, profesionales y especiales, relacionadas con la materia objeto del presente Pliego, con los pertinentes documentos acreditativos de dichas referencias y de las sugerencias o modificaciones que, sin menoscabo de lo establecido en este Pliego de Condiciones, puedan convenir a la mejor realización de la selección del adjudicatario.
- ❖ Declaración en la que los licitadores, bajo su responsabilidad, afirmen no hallarse comprendidos en ninguna de las causas de incapacidad o incompatibilidad señaladas en los Artículos 4º y 5º del Reglamento de contratación de las Corporaciones Locales.



- ❖ Resguardo acreditativo de la constitución de la fianza provisional.
- ❖ Recibo acreditativo de alta de la licencia fiscal del impuesto industrial y de estar al corriente en el pago de la misma.
- ❖ Documento acreditativo de estar al corriente en el pago de los Seguros Sociales.
- ❖ Proposición económica que se formule con arreglo al modelo que se consigna al final de este Pliego, teniendo en cuenta lo establecido en el Pliego de Bases.

Cada proposición deberá ir acompañada de un estudio económico justificativo del desglose de precios presentado.

Si presentase solución variante, explicará en un máximo de diez páginas en qué consiste ésta, indicando cuáles serán las diferencias entre lo previsto en la Base correspondiente y su solución variante, repercutiendo en el punto correspondiente de la proposición económica la variación en precios que dicha modificación implica, sólo se aceptará una solución variante.

- ❖ Documento acreditativo de la personalidad del licitante.
- ❖ Poder con los requisitos señalados en el artículo 29 del Reglamento de contratación de las Corporaciones Locales. Los poderes deberán ser bastanteados por Letrado.
- ❖ Declaración de estar al corriente en el pago de todas sus obligaciones tributarias.
- ❖ Certificado de calificación definitiva legalmente expedido.
- ❖ Cualquier otro documento que considere conveniente acompañar. Los documentos podrán ser presentados en copia o fotocopia que deberá ser cotejada, quedando en poder del interesado los originales.

## **CAPITULO.XVI.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALADORA**

### **ARTÍCULO.76.- Datos de partida**

Los datos de partida para la planta desaladora de agua de mar proyectada son los siguientes:

- ❖ Horas anuales de operación: 7.920
- ❖ Volumen útil diario de agua producida: 15.033,98 m<sup>3</sup>
- ❖ Volumen útil anual de agua producida: 3.300.000 m<sup>3</sup>

- ❖ Captación del agua de mar.

Se utilizarán cuatro pozos para la extracción de 25.000 m<sup>3</sup>/día de agua de mar. Se utilizarán cuatro bombas idénticas para la captación del agua de mar a través de los pozos, una para cada pozo de captación. El caudal unitario a bombear será de 6.250 m<sup>3</sup>/día a una presión de 27,98 m (2,7439 bar).

- ❖ Dosificación de hipoclorito sódico.

Se indican a continuación las características del depósito de dosificación del hipoclorito sódico para el pretratamiento.

- Volumen: 10 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 2,000 m
- Altura. 3,316 m

Las características del depósito de dosificación del hipoclorito sódico para el post- tratamiento son:

- Volumen: 3 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 1,200 m
- Altura: 2,279 m

Para la dosificación del hipoclorito sódico en el pretratamiento se utilizarán dos bombas, unas de las cuales será de reserva. El caudal será de 9,7 L/h a una presión máxima de 10 bar.

Para la dosificación del hipoclorito sódico para el post-tratamiento se utilizarán dos bombas, una de las cuales es de reserva. El caudal será de 1,70 L/h a una presión máxima de 10 bar.

❖ Dosificación de ácido sulfúrico.

Se indican a continuación las características del depósito de dosificación del hipoclorito sódico para el pretratamiento.

- Volumen: 6 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 1,400 m
- Altura. 4,075 m

Para la dosificación del ácido sulfúrico en el pretratamiento se utilizarán dos bombas, unas de las cuales será de reserva. El caudal será de 5,66 L/h a una presión máxima de 10 bar.

❖ Depósito intermedio.

El depósito intermedio tiene una capacidad suficiente para almacenar el agua de captación durante un tiempo de dos horas. Las dimensiones son:

- Volumen: 2.100 m<sup>3</sup>
- Profundidad mínima: 3 m
- Profundidad máxima: 4 m
- Ancho: 15 m
- Longitud: 40 m

❖ Dosificación de cloruro férrico.

Se indican a continuación las características del depósito de dosificación de la solución de cloruro férrico al 39%.

- Volumen: 3 m<sup>3</sup>

➤ Diámetro: 1,200 m

➤ Altura: 2,279 m

Para la dosificación de la disolución de cloruro férrico se utilizarán dos bombas dosificadoras, una de las cuales está de reserva. El caudal de cada bomba será de 5,24 L/h a una presión máxima de 10 bar.

❖ Filtración sobre mallas.

La planta diseñada dispondrá de dos filtros de malla horizontales, los cuales filtrarán 520,84 m<sup>3</sup>/h (2.294 gpm). Las características de estos filtros son:

➤ Diámetro: 0,4064 m.

➤ Longitud cilíndrica: 2,984 m.

➤ Superficie de pantalla: 0,614 m<sup>2</sup>

➤ Pérdida de presión: 2,1 psi (1,47645 m)

➤ Presión máxima de operación: 150 psi.

➤ Peso vacío: 295 Kg

❖ Dosificación del bisulfito sódico.

Se indican a continuación las características del depósito de dosificación de la disolución de bisulfito sódico al 34%.

➤ Volumen: 7 m<sup>3</sup>

➤ Diámetro: 1,700 m

➤ Altura. 3,239 m

Para la dosificación de la disolución de bisulfito sódico se utilizarán dos bombas dosificadoras, una de las cuales está de reserva. El caudal de cada bomba será de 7,02 L/h a una presión máxima de 10 bar.

❖ Dosificación del inhibidor.

El inhibidor que se utilizará será el producto comercial Genesys HR. Se indican a continuación las características del depósito de dosificación del inhibidor Genesys HR.

- Volumen: 3 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 1,200 m
- Altura: 2,855 m

Para la dosificación del inhibidor se utilizarán dos bombas dosificadoras, una de las cuales está de reserva. El caudal de cada bomba será de 1,0875 L/h a una presión máxima de 10 bar.

❖ Filtros de cartuchos.

La planta desaladora diseñada consta de nueve portafiltros de cartuchos. Las características de cada uno de estos portafiltros de cartuchos son:

- Flujo máximo: 800 gpm (4366 m<sup>3</sup>/d)
- Nº de cartuchos en el filtro: 200
- Diámetro: 28 inch (0,71 m)
- Altura: 58 inch (1,47 m)
- Pérdida de presión: 0,8 psi ( 0,5625 m)
- Presión máxima de operación: 150 psi (10 bar).

❖ Bombeo a alta presión.

El caudal que deberá impulsar cada una de las bombas de presión es de 12.500 m<sup>3</sup>/día a una presión de 391,82 m (38,42 bar).

Se colocará una turbina Pelton por cada línea de ósmosis inversa para la recuperación de energía procedente del rechazo de las membranas. El caudal unitario a tratar será 4.983,01 m<sup>3</sup>/día.

❖ Equipo de lavado de las membranas.

Para la preparación de la disolución limpiadora de las membranas se utilizará un depósito de las siguientes características:

- Volumen: 16 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 2,5 m
- Altura: 3,783 m

Para el lavado de las membranas se utilizará una bomba que deberá impulsar un caudal de 155,0 m<sup>3</sup>/h a una presión de 30,075 m (2,94935 bar).

❖ Depósito de almacenamiento del agua producto.

Para el almacenamiento del agua producto se dispondrá de un depósito con las siguientes características:

- Volumen: 1.500 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 10,000 m
- Altura: 18,640 m

❖ Bomba de impulsión a la potabilizadora municipal.

Se dispondrá de una que impulsará un caudal de 15.033,98 m<sup>3</sup>/día a una presión de 87,75 m (8,605 bar).

❖ Dosificación de la lechada de cal.

Se utilizarán dos depósitos para la preparación y dosificación de este producto. Las características de estos dos depósitos son las siguientes:

- Volumen: 19 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 2,500 m
- Altura: 4,157 m

Para la dosificación de la lechada de cal se utilizarán dos bombas dosificadoras, una de las cuales está de reserva. El caudal de cada bomba será de 39,09 L/h a una presión máxima de 10 bar.

## **ARTÍCULO.77.- Consumo de reactivos**

Los consumos de reactivos en proyecto expresados en cantidad anual son:

- ❖ Hipoclorito sódico: 115.170 Kg/año.
- ❖ Ácido sulfúrico: 82.482,05 Kg/año.
- ❖ Cloruro férrico: 31.714,85 Kg/año.
- ❖ Bisulfito sódico: 13.452,52 Kg/año.

- ❖ Genesys HR: 9.904,95 Kg/año.
- ❖ Hidróxido cálcico: 123.837,12 Kg/año.
- ❖ Genesol 37: 1.257,60 Kg/año.

#### **ARTÍCULO.78.- Análisis físico-químico del agua de mar**

Las características físico-químicas del agua de mar de captación son las siguientes:

- ❖ Calcio: 410 mg/L
- ❖ Magnesio: 1.540 mg/L
- ❖ Sodio: 10.760 mg/L
- ❖ Potasio: 390 mg/L
- ❖ Estroncio: 8 mg/L
- ❖ Carbonato: 3 mg/L
- ❖ Bicarbonato: 158 mg/L
- ❖ Sulfatos: 3.300 mg/L
- ❖ Cloruro: 19.350 mg/L
- ❖ Flúor: 1 mg/L
- ❖ Sílice: 0,1 mg/L
- ❖ TDS: 35.920,10 mg/L
- ❖ pH: 7,9
- ❖ Temperatura: 18,0°C

En Cádiz a 5 de Junio de 2006

Fdo: Joaquín A. Blesa García

# DOCUMENTO Nº 4

# PRESUPUESTO



## **ÍNDICE PRESUPUESTO**

### **1. COSTE DE EQUIPOS.**

**1.1. Bastidores.**

**1.2. Bombas.**

**1.3. Turbinas.**

**1.4. Filtros de malla.**

**1.5. Filtros de Cartuchos.**

**1.6. Mezcladores**

**1.7. Depósitos.**

**1.8. Agitadores**

### **2. INVERSIÓN CAPITAL FIJO.**

## 1. COSTE DE EQUIPOS.

Completado el alcance técnico de la ingeniería básica se presenta el siguiente presupuesto. Se pretende disponer de una aproximación del coste real de la instalación una vez construida e instalada.

El presupuesto se agrupa en una serie de partidas que constituyen el coste real. Dichas partidas se han agrupado por equipos para un mejor seguimiento de los mismos.

En el precio de cada uno de los equipos emplazados en la Estación Desaladora del vigente proyecto se incluirá el IVA y se obtendrá de los catálogos y listas de precios suministradas por los propios distribuidores.

### 1.1. Bastidores ósmosis inversa.

| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL          |
|--|--------|----------|-----------------|-----------------------|
| MEMBRANA OI:<br>Material: Poliamida<br>Arrollamiento espiral                                       | Und.   | 186      | 1.168,07 €      | 217.261,02 €          |
| TUBOS DE PRESIÓN<br>Material: fibra de vidrio<br>Capacidad 6 memb<br>P <sub>diseño</sub> :77,4 bar | Und.   | 31       | 1.116,00 €      | 34.596,00 €           |
| Coste de un bastidor   |        |          |                 | 251.857,02 €          |
| <b>COSTE TOTAL</b>   |        |          |                 | <b>1.511.142,12 €</b> |

Tabla 1.1. Costes bastidores.

## 1.2. Bombas.

| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL        |
|---|--------|----------|-----------------|---------------------|
| <b>BOMBA CAPTACION:</b><br>Designación: Itur RW<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 260,42 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 27,98 m<br>Potencia: 165,431KW                  | Und.   | 4        | 11.837,40 €     | 47.349,60 €         |
| <b>BOMBA ALTA PRESIÓN:</b><br>Designación: Itur HPW<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 520,84 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 391,82 m<br>Potencia: 4.633,310 KW          | Und.   | 4        | 54.592,98 €     | 218.371,92 €        |
| <b>BOMBA AGUA ALIMENTACIÓN:</b><br>Designación: Itur RW<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 520,84 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 20,24 m<br>Potencia: 239,337KW          | Und.   | 2        | 17.562,21 €     | 35.124,42 €         |
| <b>BOMBA IMPULSION PERMEADO:</b><br>Designación: Itur INP<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 626,42 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 30,35 m<br>Potencia: 431,640 KW       | Und.   | 1        | 20.320,00 €     | 20.320,00 €         |
| <b>BOMBA IMPULSION AGUA PRODUCTO:</b><br>Designación: Itur INP<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 626,42 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 87,75 m<br>Potencia: 1.247,987KW | Und.   | 1        | 24.120,32 €     | 24.120,32 €         |
| <b>BOMBA LAVADO MEMBRANAS:</b><br>Designación: Itur INP<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 155 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 30,075 m<br>Potencia: 93,034KW             | Und.   | 1        | 9.550,50 €      | 9.550,50 €          |
| <b>BOMBA DOSIFICACIÓN:</b><br>Designación: TrueDos® 222-60D<br>Material: PPE/PS 20% PRFV<br>Caudal: hasta 60 L/h<br>Presión: hasta 10 bar<br>Potencia: 0,05 KW        | Und.   | 9        | 550,50 €        | 4.954,50 €          |
| <b>COSTE TOTAL</b>  |        |          |                 | <b>359.791,26 €</b> |

Tabla 1.2. Costes de bombas.

### 1.3. Turbinas.

| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL       |
|---|--------|----------|-----------------|--------------------|
| TURBINA:<br>Designación: Pelton<br>Wasserkraft Volk AG<br>Caudal: 57,67 L/s<br>Presión: 772,27 m<br>Potencia: 0,05 KW | Und.   | 2        | 16.843,02 €     | <b>33.686,04 €</b> |

Tabla 1.3. Costes de turbina.

### 1.4. Filtros de malla.

| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL      |
|--|--------|----------|-----------------|-------------------|
| FILTRO DE MALLA:<br>Designación: ABW12<br>Caudal: 520,84 m <sup>3</sup> /h<br>Presión: 150 psi | Und.   | 2        | 1.530,00 €      | <b>3.060,00 €</b> |

Tabla 1.4. Costes de filtros de malla.

### 1.5. Filtros de Cartuchos.

| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL      |
|--|--------|----------|-----------------|-------------------|
| PORTAFILTROS:<br>Designación:<br>HIF200FL<br>Material: AISI 316<br>Caudal: 800 gpm<br>Presión: 150 psi | Und.   | 9        | 9 €             | 81,00 €           |
| CARTUCHOS:<br>Designación: serie 801-<br>5<br>Material: Poliéster plus                                 | Und.   | 1.800    | 5,36 €          | 9.648,00 €        |
| <b>COSTE TOTAL</b>   |        |          |                 | <b>9.729,00 €</b> |

Tabla 1.5. Costes de filtros de cartuchos.

### 1.6. Mezcladores

| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL      |
|---|--------|----------|-----------------|-------------------|
| MEZCLADOR:<br>Designación: CompaX<br>Material: PP<br>Diámetro: 200 mm | Und.   | 8        | 575,20 €        | 4.601,60 €        |
| MEZCLADOR:<br>Designación: CompaX<br>Material: PP<br>Diámetro: 250 mm | Und.   | 8        | 620,30 €        | 4.962,40 €        |
| <b>COSTE TOTAL</b>  |        |          |                 | <b>9.564,00 €</b> |

Tabla 1.6. Costes de Mezcladores.

### 1.7. Depósitos.

| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO    | PRECIO TOTAL |
|---|--------|----------|--------------------|--------------|
| DEPÓSITO INTERMEDIO<br>Material: Hormigón armado<br>Volumen: 2.100 m <sup>3</sup>   | Und.   | 1        | 6.520,30 €         | 6.520,30 €   |
| DEPÓSITO AGUA PRODUCTO<br>Material: PRFV<br>Volumen: 1.500 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 10 m<br>Altura: 18,64 m                      | Und.   | 1        | 17.027,75 €        | 17.027,75 €  |
| DEPÓSITO ÁCIDO<br>SULFURICO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 6 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 1,4 m<br>Altura: 4,075 m                   | Und.   | 1        | 3.120,00 €         | 3.120,00 €   |
| DEPÓSITO BISULFITO<br>SÓDICO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 7 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 1,7 m<br>Altura: 3,239 m                  | Und.   | 1        | 3.023,97 €         | 3.023,97 €   |
| DEPÓSITO CLORURO<br>FÉRRICO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 3 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 1,2 m<br>Altura: 2,769 m                   | Und.   | 1        | 2.301,91 €         | 2.301,91 €   |
| DEPÓSITO HIPOCLORITO<br>SÓDICO PRETRATAMIENTO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 10 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 2 m<br>Altura: 3,316 m  | Und.   | 1        | 3.392,00 €         | 3.392,00 €   |
| DEPÓSITO HIPOCLORITO<br>SÓDICO POSTRATAMIENTO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 3 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 1,2 m<br>Altura: 2,769 m | Und.   | 1        | 2.301,91 €         | 2.301,91 €   |
| DEPÓSITO INHIBIDOR:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 3 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 1,2 m<br>Altura: 2,769 m                            | Und.   | 1        | 2.301,91 €         | 2.301,91 €   |
| DEPÓSITO HIDRÓXIDO<br>CÁLCICO:<br>Material: PRFV<br>Volumen: 19 m <sup>3</sup><br>Diámetro: 2,5 m<br>Altura: 4,157 m                | Und.   | 2        | 4.170,75 €         | 8.341,5 €    |
| <b>COSTE TOTAL</b>  |        |          | <b>48.331,25 €</b> |              |

Tabla 1.7. Costes de depósitos.

### 1.8. Agitadores.

| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | MEDICIÓN | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL      |
|--|--------|----------|-----------------|-------------------|
| AGITADOR:<br>Designación: AG100<br>132M 4P<br>Potencia: 200 mm | Und.   | 2        | 550,30 €        | <b>1.100,60 €</b> |

Tabla 1.8. Costes de Agitadores.

En el siguiente gráfico se observa la proporción que aporta cada equipo al coste total de equipos.

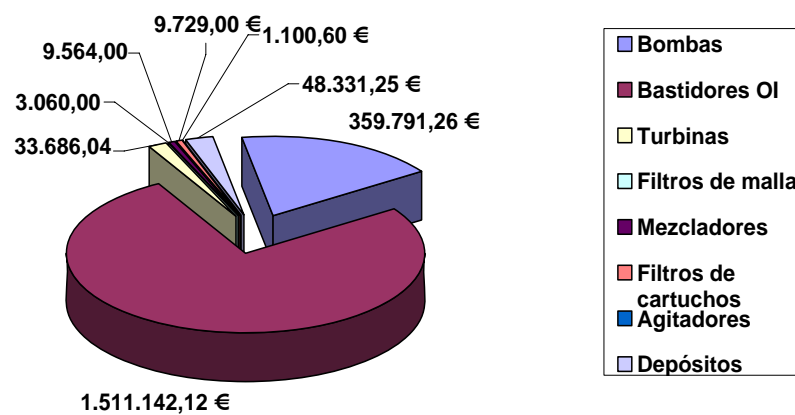


Figura 1.1. Costes de equipos.

El sumatorio del coste total de bombas, depósitos y equipamiento auxiliar nos dará el coste total de los equipos proyectados, que se estima será 1.975.414,27 € (UN MILLÓN NOVECIENTOS SETENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS CATORCE EUROS Y VEINTISIETE CÉNTIMOS).

## 2. INVERSIÓN CAPITAL FIJO.

La inversión en capital fijo la calcularemos con el método de estimación de factores múltiples, cada actividad contribuirá con una fracción del coste total de los equipos obteniendo un coste global.

Así los costes directos serán:

- ❖ Coste de la instalación (100% Coste Equipos entregado).
- ❖ Coste de instrumentación y control (13% Coste Equipos entregado).
- ❖ Coste de las tuberías (33% Coste Equipos entregado)
- ❖ Coste de instalación eléctrica (9% Coste Equipos entregado).
- ❖ Coste Obra civil, edificación y servicios auxiliares (28% Coste Equipos entregado).

|                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Coste de la instalación            | 1.975.303,67 €        |
| Coste de instrumentación y control | 256.789,48 €          |
| Coste de las tuberías              | 651.850,21 €          |
| Coste de instalación eléctrica     | 177.777,33 €          |
| Coste de edificios y servicios     | 553.085,03 €          |
| <b>Coste Total</b>                 | <b>3.614.805,72 €</b> |

Tabla 2.1. Costes directos de la instalación.

De lo que se desprende que el coste total de la planta física 3.614.805,72 €

En el gráfico siguiente se aprecia la contribución de cada campo al coste de la planta física.

**COSTES DIRECTOS**

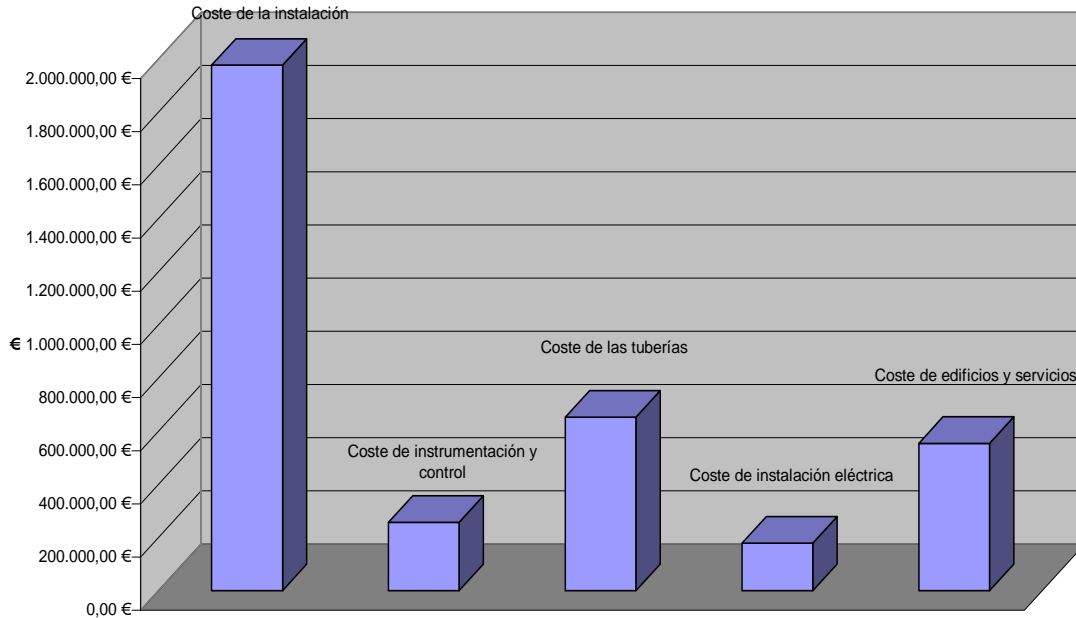


Figura 2.1. Costes directos de la instalación.

Los costes indirectos serán:

- ❖ Coste ingeniería (30% CE).
- ❖ Coste honorarios, gastos indirectos, utilidad del contratista (8% CE).
- ❖ Costes de contingencias (36% CE).
- ❖ Costes de construcción e instalación (60% CE).

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Coste ingeniería  | 592.591,10 €          |
| Coste honorarios, gastos indirectos, utilidad del contratista | 158.024,29 €          |
| Costes de contingencias                                       | 711.109,32 €          |
| Costes de construcción e instalación                          | 1.185.182,20 €        |
| <b>Coste total</b>  | <b>2.646.906,92 €</b> |

Tabla 2.2. Costes indirectos de la instalación.



Por tanto los costes indirectos del proyecto tendrán una cuantía de 2.646.906,92 €

Si como al igual que con los costes directos hacemos un gráfico apreciaremos su participación.

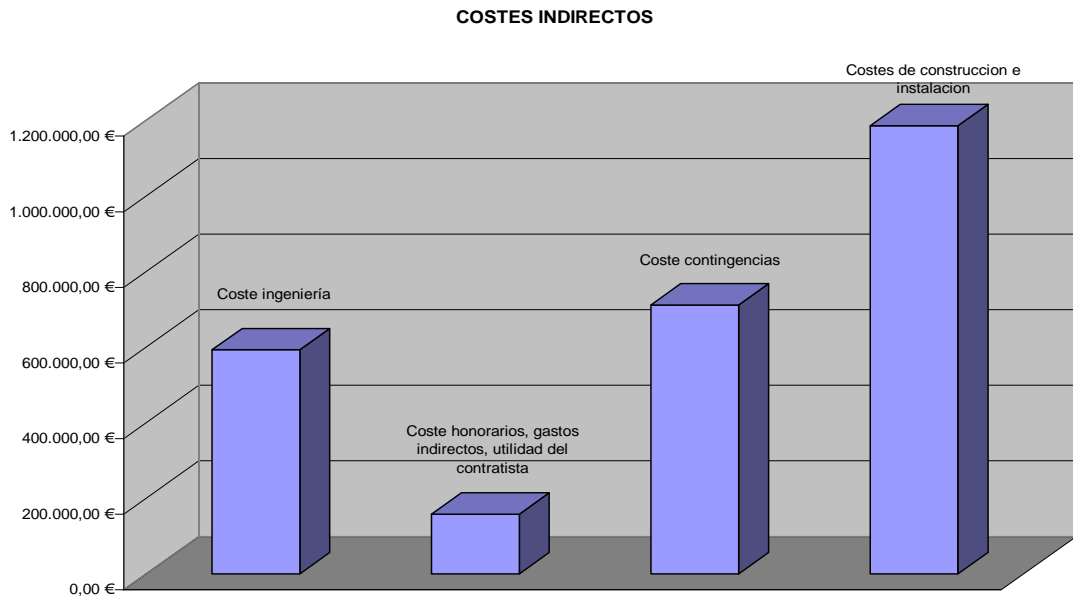


Figura 2.2. Costes indirectos de la instalación.

Si hacemos un desglose de los costes, dividiéndolos en directos e indirectos y los referimos al tanto por ciento que contribuyen al coste total obtendremos:

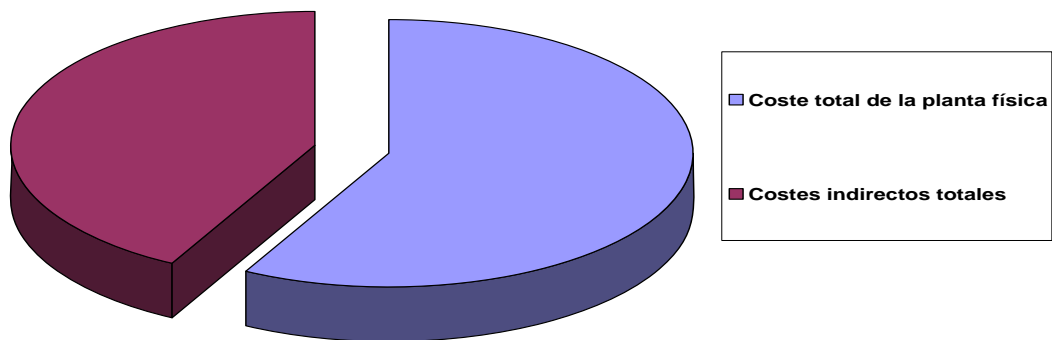


Figura 2.3. Costes directos & indirectos.

Como se aprecia los costes directos, o sea el coste de la planta física es algo superior.

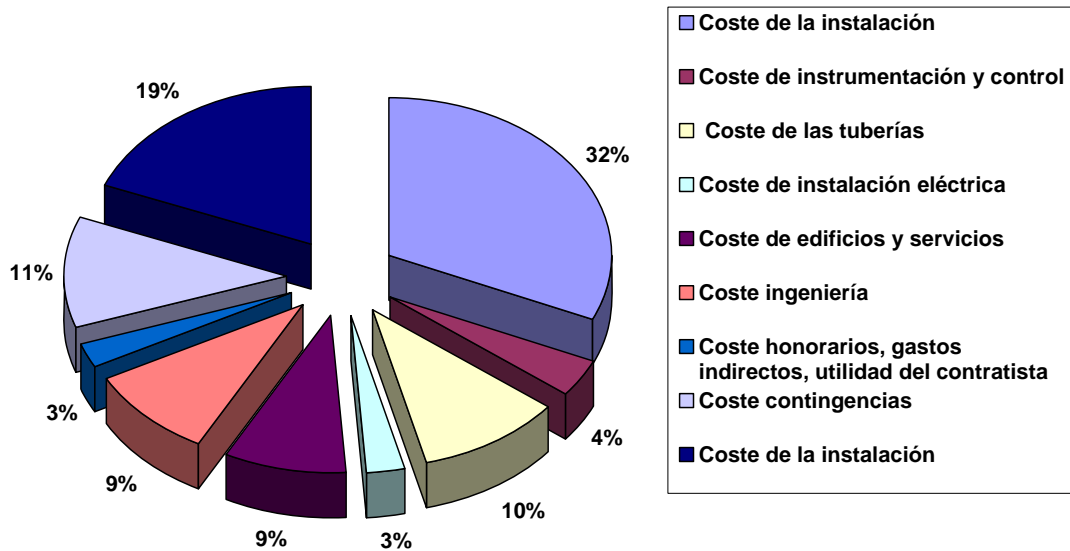


Figura 2.4. Desglose de costes.

La suma de costes tanto directos como indirectos dará la inversión en capital fijo necesario para la puesta en marcha de la Estación Desaladora, dará un total de 6.261.712,63 € (SEIS MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y UN MIL SETECIENTOS DOCE EUROS Y SESENTA Y TRES CÉNTIMOS).

En Cádiz a 5 de Junio de 2006

Fdo: Joaquín A. Blesa García

