

ULL

Universidad
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Civil e Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

ÍNDICE GENERAL

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

MEMORIA

1. Antecedentes	1
1.1. Introducción	1
1.2. El problema del agua en Canarias	2
1.3. La desalación de agua en Canarias	3
1.4. La ósmosis inversa	5
2. Peticionario	6
3. Objetivo del proyecto	6
4. Justificación del proyecto	7
5. Normativa y referencias	7
6. Situación de la planta	9
7. Datos de partida	9
7.1. Capacidad de la planta	9
7.2. Especificaciones del agua producto	10
7.3. Análisis de agua de mar	10
8. Proceso industrial	11
8.1. Captación de agua de mar	12
8.2. Filtración	15
8.2.1. Sobre filtros de malla automáticos	15
8.2.2. Sobre filtros de cartuchos	15
8.3. Dosificación de aditivos químicos	16
8.4. Bombeo de alta presión	17
8.5. Intercambio de presión	18
8.6. Proceso de ósmosis inversa	18
8.7. Almacenamiento de agua producto	19
8.8. Bombeo a charca	19
8.9. Evacuación de salmuera	20
9. Instalaciones auxiliares del proceso	20
9.1. Limpieza química de membranas	20
10. Instalaciones complementarias del proceso	21
10.1. Instalación eléctrica	21
10.1.1. Cálculo de potencia	21
10.1.2. Distribución de las líneas eléctricas	23
10.1.3. Protección contra contactos directos	23
10.1.4. Protección contra contactos indirectos	24
10.1.5. Protección contra sobrecorrientes	24
10.1.6. Instalación en local mojado.....	24
10.1.7. Puesta a tierra	25

10.2.	Instalación contra incendios	25
10.3.	Sistema de control.....	26
11.	Edificación.....	26
11.1.	Nave del proceso	26
11.2.	Zona de oficinas	27
12.	Evaluación financiera.....	27

ANEXOS

Anexo I. Ósmosis Inversa

1. Descripción del proceso.....	1
2. Diferencia entre ósmosis inversa y otros procesos.....	2
3. Ecuaciones básicas de la ósmosis inversa	3
3.1. Balance de materia	4
3.2. Factor de conversión y factor de concentración	5
3.3. Factor de Rechazo (R) y de Paso de Sales (SP).....	6
4. Membranas de ósmosis inversa	6
4.1. Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su configuración.....	6
4.2. Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su material de fabricación	10
5. Diseño del sistema de ósmosis inversa	12
5.1. Consideraciones de diseño	13
5.2. Resultados de la simulación en IMS Desing 2015.....	15

Anexo II. Sistema de Recuperación de Energía

1. Introducción.....	19
2. Turbinas pelton.....	19
3. Intercambiadores de presión	21
4. Comparación entre ambos sistemas.....	23
5. Elección del sistema de recuperación de energía.....	25

Anexo III. Pretratamiento del Agua de Mar

1. Introducción.....	27
2. Pretratamiento físico	27
2.1. Filtración grosera	27
2.2. Filtración de afino	30
3. Pretratamiento químico	34
3.1. Cálculo del pretratamiento químico	34
3.2. Conclusiones y dosificación de aditivos químicos.....	39
3.2.1. Dosificación de coagulante	39

3.2.2.	Dosificación de agente regulador del pH.....	40
3.2.3.	Dosificación de agente desinfectante.....	42
3.2.4.	Dosificación de agente reductor	44
3.2.5.	Dosificación de agente antiincrustante	46

Anexo IV. Cálculos Hidráulicos

1.	Dimensionado de tuberías	49
1.1.	Aspiración de las bombas de captación	49
1.2.	Colector de impulsión de las bombas de captación	50
1.3.	Derivaciones a filtros de malla automáticos	50
1.4.	Salida de filtros de malla automáticos	51
1.5.	Colector de salida filtros de malla automático	51
1.6.	Derivaciones a filtros de cartuchos	52
1.7.	Salida de filtros de cartuchos.....	52
1.8.	Colector de salida filtros de cartuchos.....	53
1.9.	Derivación a bomba alta presión.....	53
1.10.	Derivación a intercambiador de presión, ERI	54
1.11.	Salida de la bomba de alta presión.....	54
1.12.	Salida de agua de mar del intercambiador de presión	55
1.13.	Colector de entrada al bastidor de ósmosis	55
1.14.	Salida de agua producto del bastidor a depósito de agua producto.....	56
1.15.	Colector desde depósito de agua producto hasta bomba impulsión de agua producto.	56
1.16.	Derivación a bombas de impulsión de agua producto.....	57
1.17.	Colector de impulsión de agua producto	57
1.18.	Salida de salmuera del bastidor a intercambiador de presión	58
1.19.	Salida de salmuera del intercambiador de presión	58
1.20.	Salida de agua producto del bastidor a tanque de limpieza química.....	59
1.21.	Salida de solución de limpieza desde depósito hasta bombas de impulsión	59
1.22.	Salida de solución de limpieza desde bombas hasta filtro de cartuchos	59
1.23.	Salida de solución de limpieza desde filtro de cartuchos hasta bastidor de ósmosis ..	60
1.24.	Salida de solución de limpieza desde bastidor de ósmosis hacia depósito de limpieza	60
2.	Cálculos hidráulicos.....	64

2.1.	Cálculo de las pérdidas de carga en las conducciones (Fc)	64
2.2.	Cálculo de las pérdidas de carga de accesorios (Fe)	66
2.3.	Cálculo de la altura manométrica y selección de las bombas	69
2.3.1.	Bombas de captación.....	69
2.3.2.	Bombas de alta presión	73
2.3.3.	Bomba Booster.....	76
2.3.4.	Bombas de agua producto	78
2.3.5.	Bomba de llenado del tanque de limpieza química	81
2.3.6.	Bombas de limpieza química	84

Anexo V. Sistema de Limpieza Química de Membranas

1.	Introducción	87
2.	Dimensionado del sistema de lavado químico	87
2.1.	Depósito de lavado químico	88
2.2.	Dosificación del agente de limpieza química.....	89
2.3.	Bomba para la limpieza química	90
2.4.	Filtros de cartucho para el sistema de limpieza química.....	90
3.	Procedimiento de limpieza química	91
3.1.	Preparación de la solución de limpieza	92
3.2.	Recirculación de la solución de limpieza en el sistema	92
3.3.	Desplazamiento de la solución de limpieza/aclarado	92
3.4.	Arranque de la producción.....	92

Anexo VI. Evaluación Financiera

1.	Presupuesto	93
2.	Evaluación financiera	93
2.1.	Subvenciones.....	93
2.2.	Costes de amortización	95
2.3.	Costes de operación.....	96
2.3.1.	Reactivos químicos	96
2.3.2.	Consumo eléctrico.....	97
2.3.3.	Mano de obra.....	97
2.3.4.	Reposición de membranas.....	97
2.3.5.	Otros gastos.....	97

2.4.	Resumen de costes	98
2.5.	Precio del m3 del agua desalada.....	99
2.6.	Evaluación de resultados.....	99

Anexo VII. Instalación Eléctrica

1.	Generalidades.....	101
2.	Criterios de las bases de cálculo	101

Anexo VIII. Fichas Técnicas

1.	Introducción	107
2.	Bombas de captación	107
3.	Bombas de alta presión y bombas de impulsión de agua producto.....	107
4.	Bomba de llenado del tanque de lavado químico.....	107
5.	Bomba booster	107
6.	Bombas de limpieza química	107
7.	Filtros de malla automáticos.....	107
8.	Filtros de cartuchos	107
9.	Intercambiador de presión ERI.....	107
10.	Tubos de presión	107
11.	Membranas.....	107
12.	Depósitos de productos químicos.....	107
13.	Depósito de agua producto.....	107
14.	Fichas de seguridad de los reactivos químicos	107

PRESUPUESTO

1.	Precios elementales.....	3
2.	Precios descompuestos	7
2.1.	Capítulo 1: Captación de agua de mar	7
2.2.	Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar	8
2.3.	Capítulo 3: Bombeo de alta presión.....	10
2.4.	Capítulo 4: Ósmosis inversa	11
2.5.	Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera	12
2.6.	Capítulo 6: Tratamiento químico	14
2.7.	Capítulo 7: Tuberías	14
2.8.	Capítulo 8: Instrumentación	18
2.9.	Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares	19
3.	Precios por contrata	21
3.1.	Capítulo 1: Captación de agua de mar	21
3.2.	Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar	22
3.3.	Capítulo 3: Bombeo de alta presión.....	23
3.4.	Capítulo 4: Ósmosis inversa	24
3.5.	Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera	25
3.6.	Capítulo 6: Tratamiento químico	26
3.7.	Capítulo 7: Tuberías	26
3.8.	Capítulo 8: Instrumentación	28
3.9.	Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares	29
4.	Resumen del presupuesto	30

PLANOS

1. Planos	1
1.1. Plano 1: Situación y emplazamiento	2
1.2. Plano 2: Diagrama de bloques	3
1.3. Plano 3: Diagrama de flujo	4
1.4. Plano 4: Planta de la instalación desaladora	5
1.5. Plano 5: Esquema unifilar	6

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

MEMORIA

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

Índice

1. Antecedentes	1
1.1. Introducción	1
1.2. El problema del agua en Canarias	2
1.3. La desalación de agua en Canarias	3
1.4. La ósmosis inversa	5
2. Peticionario	6
3. Objetivo del proyecto	6
4. Justificación del proyecto	7
5. Normativa y referencias	7
6. Situación de la planta	9
7. Datos de partida	9
7.1. Capacidad de la planta	9
7.2. Especificaciones del agua producto	10
7.3. Análisis de agua de mar	10
8. Proceso industrial	11
8.1. Captación de agua de mar	12
8.2. Filtración	15
8.2.1. Sobre filtros de malla automáticos	15
8.2.2. Sobre filtros de cartuchos	15
8.3. Dosificación de aditivos químicos	16
8.4. Bombeo de alta presión	17
8.5. Intercambio de presión	18
8.6. Proceso de ósmosis inversa	18
8.7. Almacenamiento de agua producto	19
8.8. Bombeo a charca	19
8.9. Evacuación de salmuera	20
9. Instalaciones auxiliares del proceso	20
9.1. Limpieza química de membranas	20
10. Instalaciones complementarias del proceso	21
10.1. Instalación eléctrica	21
10.1.1. Cálculo de potencia	21
10.1.2. Distribución de las líneas eléctricas	23
10.1.3. Protección contra contactos directos	23
10.1.4. Protección contra contactos indirectos	24
10.1.5. Protección contra sobreintensidades	24
10.1.6. Instalación en local mojado	24
10.1.7. Puesta a tierra	25

10.2.	Instalación contra incendios	25
10.3.	Sistema de control	26
11.	Edificación	26
11.1.	Nave del proceso	26
11.2.	Zona de oficinas	27
12.	Evaluación financiera	27

1. Antecedentes

1.1. Introducción

El agua es un factor esencial para la vida y para el desarrollo de la humanidad debido a la dependencia de la misma que tienen la población, agricultura e industria.

La mayor parte del agua del planeta se encuentra en mares y océanos, llegando a constituir un 97 % del agua total disponible.

El 3% restante sería el agua que podría utilizar la población. Sin embargo, de esta pequeña cantidad, sólo un 13 % constituye el agua realmente disponible.

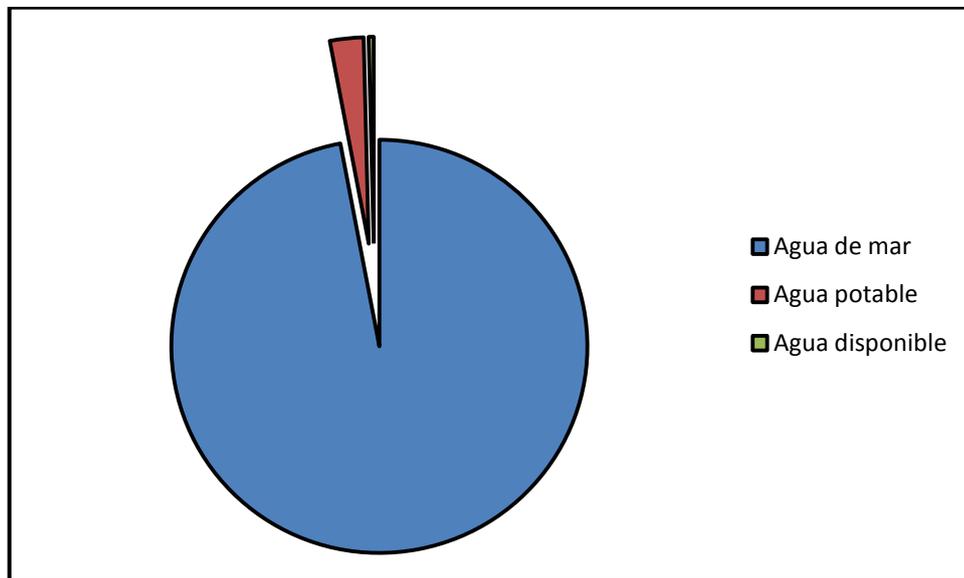


Figura M. 1 Repartición de aguas en el planeta Tierra

Los problemas de agua que existen en el planeta son debidos a la forma en que se encuentra la mayoría del agua, ya que no permite su utilización de una manera directa por la población.

Esta escasez de recursos, junto al crecimiento de la población y la industria, ha influido de forma importante en la implantación de tecnologías de desalación de agua de mar.

1.2. El problema del agua en Canarias

La escasez de agua es uno de los problemas más graves que presentan las islas Canarias. La ausencia de ríos y la escasez de precipitaciones, junto a las elevadas pendientes, hacen que esta agua se pierda llegando a los mares. Constituyen así, algunas de las principales causas del déficit de agua.

A lo largo de los años el aumento de la población y las nuevas infraestructuras e industrias han incrementado este problema del agua en las islas. Por ello, la demanda de agua es superior a los recursos convencionales existentes (aguas superficiales y subterráneas), lo que obliga a la utilización de fuentes alternativas para cubrir el déficit de agua.

El sector de mayor demanda es el agrícola (casi el 50 % del global). En relación a la demanda de los cultivos, exceptuando a la vid, que es un cultivo de secano, la platanera es el cultivo de mayor consumo de agua. Los otros sectores de mayor demanda son el urbano y el turístico, como se puede observar en la Figura M.2.

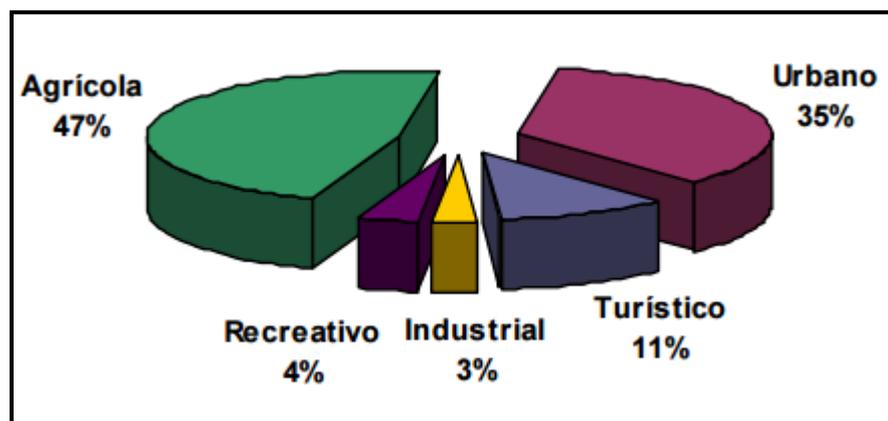


Figura M. 2 Consumo de agua en Canarias

Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias

La gran demanda de agua de todos estos sectores ha provocado la búsqueda de alternativas de obtención de agua potable, entre las cuales se encuentra la desalación de agua de mar y aguas salobres.

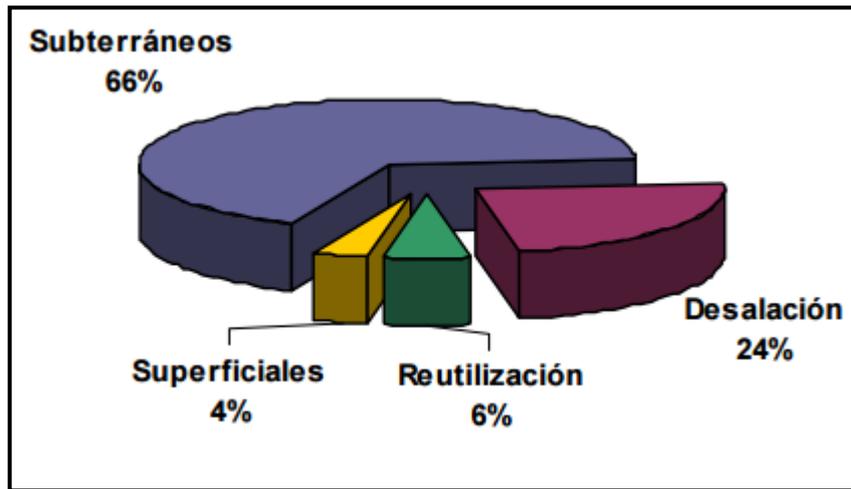


Figura M. 3 Recursos de agua en Canarias

Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias

1.3. La desalación de agua en Canarias

La primera planta desaladora de agua de mar de Canarias y de España se instaló en la isla de Lanzarote en 1964, la cual contaba con una producción de 2.500 m³/día de agua potable.

Actualmente, las islas Canarias encabezan la lista de Comunidades Autónomas con mayor capacidad de desalación, debido a la utilización masiva del agua de mar para el abastecimiento urbano y el riego de cultivos agrícolas.

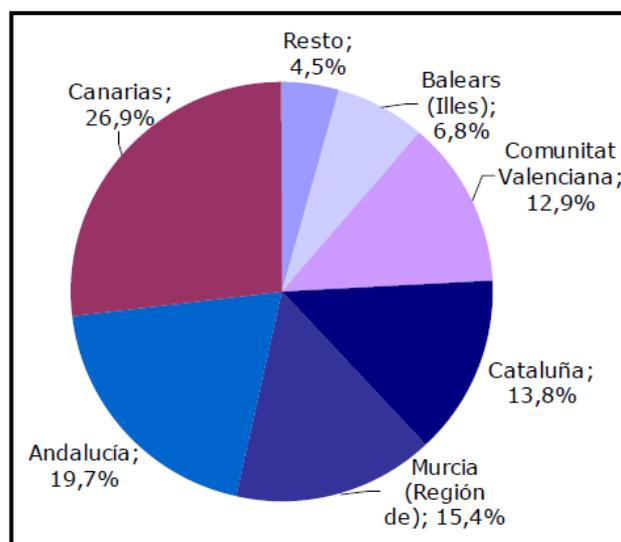


Figura M. 4 Porcentajes de desalación por Comunidades Autónomas, 2009

Fuente: MARM

El número de desaladoras en las islas Canarias se puede observar en la Figura M.5, según la información extraída en el Gobierno de Canarias.

DESALACIÓN				
	Nº Desaladoras	Públicas	Privadas	Producción
TENERIFE	44	5	36	118.143
GRAN CANARIA	137	11	126	336.195
FUERTEVENTURA	64	4	60	65.049
LANZAROTE	80	0	80	62.570
LA GOMERA	1	0	1	4.100
EL HIERRO	4	4	0	2.000
LA PALMA	0	0	0	0
En Total:				
<ul style="list-style-type: none"> • 281 Plantas desaladoras en la provincia de Las Palmas. • 46 Plantas desaladoras en la provincia de Santa Cruz de Tenerife 				

Figura M. 5 Desaladoras en las Islas Canarias

Fuente: Gobierno de Canarias

Como se puede observar, la desalación de agua es un proceso que ha cobrado una relevancia bastante importante en las Islas Canarias, destacando, como se mostrará a continuación en la Figura M.6, la tecnología de la ósmosis inversa.

	Osmosis inversa	Electrodiálisis reversible
TENERIFE	24	9
GRAN CANARIA	117	10
FUERTEVENTURA	56	0
LANZAROTE	53	0
LA GOMERA	1	0
EL HIERRO	4	0
LA PALMA	0	0

Figura M. 6 Principales tecnologías de desalación

Fuente: Gobierno de Canarias

1.4. La ósmosis inversa

La desalación se considera como un proceso de separación de sales del agua en que se encuentran disueltas. Para ello, se requiere de una forma de energía, la cual es el elemento diferenciador de los procesos de desalación. Si se utiliza el vapor para la eliminación de sales, estaremos aplicando la destilación. En otros casos la energía utilizada es la diferencia de potencial entre polos negativos y positivos, se trata de la electrodiálisis. Por último, el sistema más extendido y el utilizado en este proyecto es la ósmosis inversa, que utiliza la presión como forma de energía.

En el proceso de ósmosis inversa se obliga a pasar el agua de la zona más concentrada en sales a la zona más diluida, por lo que la presión a aplicar en el proceso debe ser superior a la presión osmótica. La ósmosis inversa es un proceso de separación, no de filtración, ya que el agua a tratar circula de forma paralela a la capa separadora, y no verticalmente como pasa en los procesos de filtración.

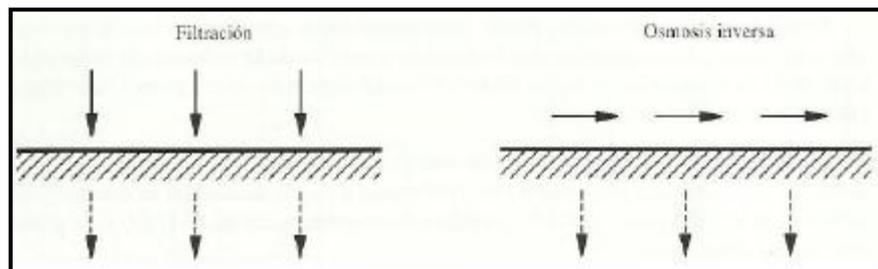


Figura M. 7 Flujo de agua en la filtración y en la ósmosis inversa

Fuente: Medina San Juan, Jose Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis Inversa

El núcleo y elemento más sensible e importante de la ósmosis inversa son las membranas. En función de su configuración y materiales se obtendrán distintas calidades de agua producto.

La ósmosis inversa tendrá un permeado, el cual se corresponde con el agua producto de conductividad deseada; y un rechazo, que es el efluente con alta concentración de sales. El permeado pierde en el sistema casi toda su presión, mientras que el rechazo pierde aproximadamente 2 bares, saliendo a una presión muy alta y que debemos recuperar, y así abaratar el coste final del agua. El sistema de recuperación de energía disminuirá la potencia necesaria de la bomba de alta presión que es la etapa de más consumo energético, llegando así a abaratar el agua producto.

En el presente proyecto se diseñará una desaladora de agua de mar por ósmosis inversa y recuperación de energía por cámaras isobáricas rotativas, para abastecer con agua de buena calidad un conjunto de fincas en la que se cultiva el plátano. Como objetivo buscamos un agua de una calidad adecuada para el cultivo del plátano al menor coste posible, pudiendo competir con los gestores de agua de la zona en cuanto a calidad-precio.

2. Peticionario

El petionario del presente proyecto es la Escuela Superior de Ingeniería Civil e Industrial (Universidad de La Laguna), para la obtención del título de Grado en Ingeniería Química Industrial por parte de su autor Fabián Pérez García.

3. Objetivo del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de una planta desaladora de agua de mar mediante el proceso de ósmosis inversa, con recuperación de energía por cámaras isobáricas

para optimizar el consumo energético y como solución al déficit de agua en la zona y su baja calidad.

Abstract

The main objective of this work is to demonstrate to grade the knowledge acquired in university. In addition, the completion of this work is required to finish college degree in chemical industrial engineering.

With this project, students will develop the skills of writing technical documents and the use of technical regulations and standards, complementing future engineering education.

The work of this project is the study of the implementation of a seawater desalination system in Tenerife using reverse osmosis technology, accompanied by an energy recovery system through isobaric chambers, to supply a community of irrigators in banana cultivation.

Throughout the work, the elements of the system of seawater desalination are dimension, considering obtaining a product of good quality water at the lowest possible price.

4. Justificación del proyecto

Los problemas del agua en las Islas Canarias, concretamente en la vertiente suroeste de la isla de Tenerife, derivados de la escasez de precipitaciones y la gran demanda principalmente, han provocado que los agricultores de la zona se vean obligados a abastecerse con agua de mala calidad para sus cultivos, lo que les supone un menor beneficio de su producción ya que ésta no alcanza una calidad óptima.

La instalación de la desaladora de agua de mar se ve justificada por dos motivos: por un lado, asegura un suministro de agua para paliar la demanda de los agricultores de la zona. Por otro, suministra agua de buena calidad para el cultivo del plátano, lo que supondrá un mayor beneficio para los propietarios de las fincas.

5. Normativa y referencias

En este apartado se expone la normativa, referencias bibliográficas y programas de cálculo utilizados para la elaboración del presente proyecto.

Normativa aplicada:

- Ley 12/1990, de 26 de Julio, de Aguas de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 86/2002).
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT51, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Real decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Decreto 101/1991, de 8 de mayo, regulador de las Entidades de Inspección y Control Reglamentario en materia de seguridad de los productos, equipos e instalaciones industriales.
- DECRETO 154/2001, de 23 de julio, por el que se establece el procedimiento para la puesta en funcionamiento de industrias e instalaciones industriales.

Además de las normas enumeradas, deberán observarse las normativas locales vigentes aplicables a la instalación, incluida Ordenanza municipal.

- UNE 157001:2002, Criterios generales para la elaboración de proyectos.

Bibliografía:

- Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa, 1999. Ed: Mundi-Prensa.
- Ministerio de Sanidad y Política Social. Guía de desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano, 2009. Disponible en: <http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/publicaciones.htm>
- Yunus A. Cengel. Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones, 2006. Ed: McGrawHill.
- Apuntes de la asignatura “Ingeniería Fluidomecánica” impartida por Luis Antonio Mendoza González en el curso 2011/2012.

Programas de cálculo:

- Software de dimensionado de membranas IMSdesign 2015 (Integrated membrane solutions) del fabricante Hydranautics Nitto Company.

Otras referencias:

- Proyecto TECNOAGUA promovido por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC).

6. Situación de la planta

La desaladora objeto de este proyecto se instalará en el municipio de Adeje, en la isla de Tenerife, concretamente se ubicará en el barrio de Armeñime. La planta se dispondrá junto a las fincas de la comunidad de agricultores, tal como se indica en el Plano 1 de situación y emplazamiento. El terreno donde se implantará la instalación está a una cota de 115 metros sobre el nivel del mar y abarca una superficie de unos 2.000 m² aproximadamente, considerando el área de la nave y la ocupada por los pozos y el depósito de agua producto.

En el Plano 1 de situación y emplazamiento se puede observar la ubicación exacta de la planta desaladora.

7. Datos de partida**7.1. Capacidad de la planta**

Los datos recogidos en la zona donde se encuentran las fincas son los que nos proporcionarán la capacidad que deberá tener la planta, teniendo en cuenta la superficie cultivada, con la finalidad de implantar una desaladora de la capacidad necesaria.

- Superficie cultivada: 57 fanegadas (fg) = 285.000 m²
- N° plantas/fanegada: 1.000
- Consumo agua/planta·día: 22 L

Con estos datos obtenemos la capacidad de la planta desaladora:

$$\text{Capacidad planta} = 57 \text{ fg} \cdot \frac{1.000 \text{ plantas}}{1 \text{ fg}} \cdot \frac{0,022 \text{ m}^3}{\text{planta} \cdot \text{día}} = \mathbf{1.254 \text{ m}^3/\text{d}}$$

Diseñaremos una planta desaladora con una capacidad de 1.500 m³/día.

7.2. Especificaciones del agua producto

Un agua de buena calidad para el cultivo del plátano es aquella con una conductividad de 750-800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y pH 6,5 aproximadamente, según el *Balance hídrico del Servicio Técnico del Área de Agricultura del Cabildo de Tenerife*.

De las características del agua, es la conductividad el parámetro de diseño más importante, ya que determina la cantidad de abono que puede recibir la planta. El cultivo de la platanera requiere 4 g/planta·día de abono, siempre que se utilice agua de 750-800 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Si se utilizan aguas de elevada conductividad, la cantidad de abono debe disminuir, por lo que la planta no desarrolla el peso y las características apropiadas para una alta calidad y producción del fruto. Además, un pH alto en el agua necesita la adición de ácidos para disminuirlo, de manera que aumenta la cantidad de sales, influyendo negativamente en el cultivo del plátano.

Por tanto, la capacidad de la planta desaladora de agua de mar objeto de este proyecto contará con una producción de 1.500 m³/día, obteniendo un agua con un valor aproximado de conductividad de 700 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y un pH de 6,67.

7.3. Análisis de agua de mar

El agua de alimentación a nuestra planta es agua de mar y tiene la siguiente composición:

Ión	Ppm	Ión	ppm
NH ₄ ⁺	0	CO ₃ H ⁻	146
K ⁺	398	NO ₃ ⁻	9,30
Na ⁺	11.086	Cl ⁻	19.960
Mg ⁺	1.330	F ⁻	1
Ca ⁺	433	SO ₄ ⁻	2.787
Sr ⁺	0,0	SiO ₂	1
Ba ⁺	0,0	Br ⁻	5,01
Fe ⁺	0,0	CO ₃ ⁻	15,74

As ⁺	0,0	SO ₃ ⁻	0,0
Mn ⁺	0,0	NO ₂ ⁻	0,0
TDS 36.186 ppm			
PH 8			

Tabla M. 1 Análisis de agua de mar

8. Proceso industrial

Las etapas para obtener un agua de buena calidad para el cultivo de platanera mediante desalación de agua de mar por ósmosis inversa son:

- Captación de agua de mar
- Filtración
- Dosificación de aditivos químicos
- Bombeo de alta presión
- Intercambio de presión
- Proceso de ósmosis inversa
- Almacenamiento de agua producto
- Bombeo a charcas distribuidoras
- Evacuación de salmuera

En la Figura M.8 podemos apreciar las distintas etapas en que se compone la instalación desaladora de agua de mar.

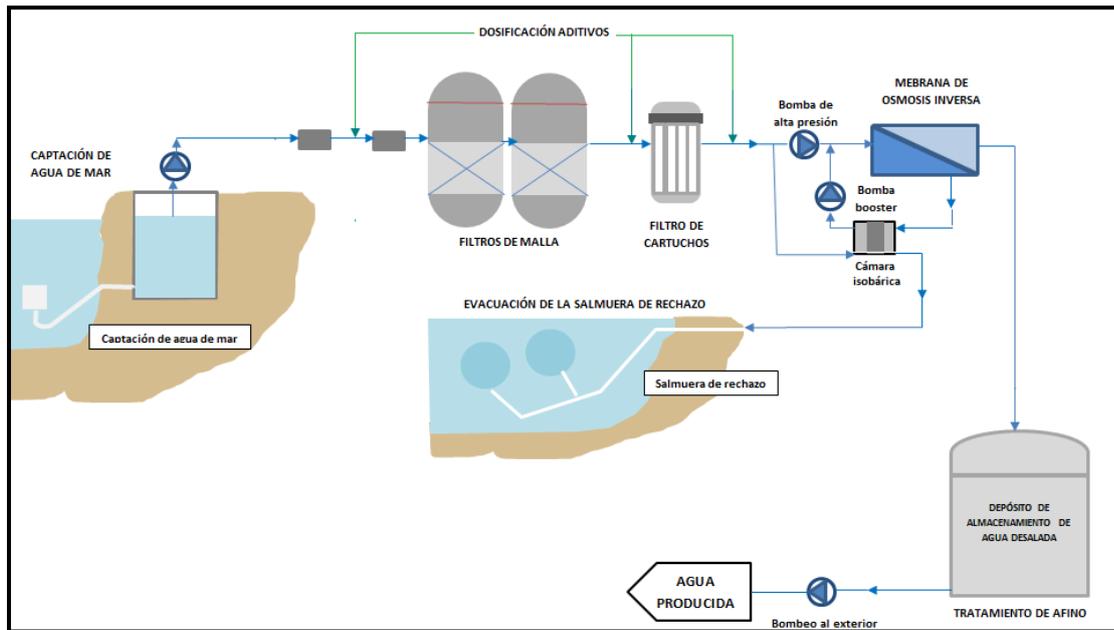


Figura M. 8 Etapas de desalación de agua de mar por ósmosis inversa

8.1. Captación de agua de mar

La captación del agua de mar se realizará mediante pozos por poseer ventajas frente a la toma directa del mar:

- Limpieza del agua como consecuencia de su filtrado en el terreno, lo que conlleva un menor número de sólidos en suspensión.
- Baja contaminación orgánica y biológica.
- Temperaturas bastante estables.

Caben dos opciones para la perforación de los pozos:

- Realizar los pozos en la costa a 12 metros sobre el nivel del mar.
- Perforar los pozos en los alrededores de la instalación a una cota de 105 m sobre el nivel del mar.

La opción a elegir tendrá una importante incidencia sobre el coste final del agua desalada. Esta diferencia de coste se debe no a la obra de captación en sí, sino a la diferente potencia requerida para bombear el agua de alimentación a la planta. En la siguiente tabla se muestra el ahorro que supone perforar los pozos en los alrededores de la instalación en lugar de en la costa:

POZOS EN LA COSTA

Caudal	Velocidad del agua	Diámetro de la conducción	Número de Reynolds	Factor de fricción	Longitud de tubería	Pérdida carga conducciones	Pérdida carga equipos	Incremento de presión	Diferencia de cota	Altura	Potencia
Q(m ³ /h)	v(m/s)	D(m)	Re	f	L(m)	Fc(m)	Fe(m)	ΔP(Kg/m ²)	Δz(m)	H(m)	P(kW)
250	2,21	0,20	453983,84	0,015	1600	29,98	20	-31018,68	155	175,02	153,07
				3,118E-05							

POZOS EN ZONA ANEXA A INSTALACIÓN

Caudal	Velocidad del agua	Diámetro de la conducción	Número de Reynolds	Factor de fricción	Longitud de tubería	Pérdida carga conducciones	Pérdida carga equipos	Incremento de presión	Diferencia de cota	Altura	Potencia
Q(m ³ /h)	v(m/s)	D(m)	Re	f	L(m)	Fc(m)	Fe(m)	ΔP(Kg/m ²)	Δz(m)	H(m)	P(kW)
250	2,21	0,20	453983,84	0,02	213	3,99	20	-31018,68	155	149,04	130,34
				3,118E-05							

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Ubicación	Potencia(kW)	C. esp (kWh/m ³)	Días anuales	kWh anuales	Precio kWh(€)	Coste anual (€)
Pozos costa	153,07	1,22	365,00	670438,84	0,0492	32985,59
Pozos planta	130,34	1,04	365,00	570892,16	0,0492	28087,89
AHORRO(€):						4897,7

La elección será perforar los pozos en el barranco que se encuentra a una cota de 105 m en las proximidades de la instalación, aprovechando la profundidad del mismo, debido al ahorro económico que supondrá una vez esté operativa la desaladora, además de los inconvenientes por los trabajos en zonas públicas y licencias municipales para el paso de la tubería desde la costa a la instalación, lo que conlleva retrasos y costes adicionales de obra. La planta va a contar con 2 pozos, de los cuales uno es de reserva con el objetivo de no parar la producción en caso de avería de una bomba de captación.

Los sondeos se realizarán desde la cota +105m hasta la cota -50m bajo el nivel del mar, y se ubicarán dentro de cuartos individuales en el barranco que está próximo a la instalación. Se ejecutarán con el sistema de rotopercusión hasta diámetro 600 mm, e irá entubado con PRFV a diámetro 450 mm, y ranurado a partir de la cota -40 metros para asegurar la captación de agua de mar. Además, en la cara exterior del encamisado de PRFV irá colocado un relleno de grava que sirve como una primera filtración.

La bomba de captación de agua de mar irá colocada a la cota -40 metros. Estarán diseñadas para soportar las pérdidas de carga del pretratamiento físico (filtros de malla y filtros de cartucho) y llegar a la aspiración de las bombas de alta presión a 2 bares. El caudal de estas bombas será de 250 m³/h y la presión de impulsión será 14,8 bares.

Se instalarán dos grupos de bombeo del fabricante KSB itur, uno de los cuales será de reserva que operará cuando se averíe la primera. En el Anexo IV se encuentra el diseño de estas bombas y su ficha técnica está disponible en el Anexo VIII sobre fichas técnicas.

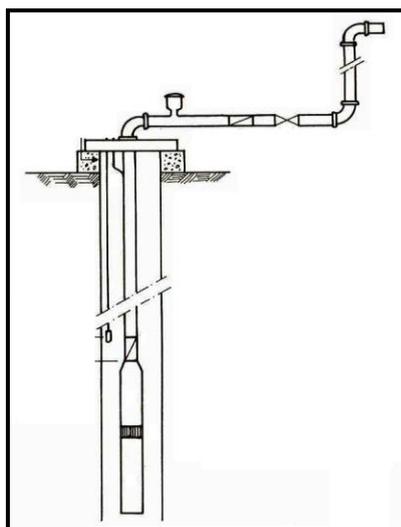


Figura M. 9 Pozo de captación con bomba sumergida

Fuente: Sistema de bibliotecas SENA

8.2. Filtración

8.2.1. Sobre filtros de malla automáticos

Esta filtración se encargará de eliminar sólidos de un tamaño relativamente grande mediante una pantalla filtrante.

Se dispondrán 2 filtros de malla en paralelo (1 de reserva), con disposición horizontal para filtrar un caudal unitario de 250 m³/h. Se instalarán filtros de malla AZUD LUXON LFH. Trabajarán a una presión de 4,1 bares, aunque la presión máxima de diseño es de 10 bar. La superficie filtrante de este tipo de filtros es de 9.600 cm² con un caudal máximo de 300 m³/h. La malla filtrante está constituida en acero inoxidable con una estructura de PVC.

Estos filtros son autolimpiantes, cuando se detecta una caída de presión preestablecida se activa el mecanismo de limpieza. Ésta es la principal ventaja que presentan frente a los filtros convencionales de arena, los cuales necesitan un sistema extra de limpieza, lo que conlleva mayor gasto energético.

Los datos técnicos y dimensiones de estos filtros se encuentran en las hojas técnicas correspondientes del Anexo VIII del presente proyecto. Además, en el Anexo III de la memoria dedicado al pretratamiento del agua de mar se explica el funcionamiento de este tipo de filtros y su diseño.

8.2.2. Sobre filtros de cartuchos

Después de la etapa de filtración sobre filtros de malla se realiza una segunda etapa de filtración más fina, para retener principalmente partículas coloidales. Se dispondrán 2 portafiltros de cartuchos colocados en paralelo con un caudal unitario de 250 m³/h. Se instalarán filtros de cartuchos de polipropileno plegados HARMSCO de 5 µm absolutas. Cada equipo de filtración sobre cartuchos consistirá en una carcasa de acero inoxidable 304 que contendrá 50 cartuchos de polipropileno plegado.

El agua entra por la parte superior del filtro y después de atravesar éste, se recoge por la parte inferior. Los filtros de cartucho se cambiarán cuando posean una pérdida de carga de 1,5 bares.

Las características de los filtros de cartucho se encuentran en las hojas técnicas correspondientes del Anexo VIII del presente proyecto. Además, en el Anexo III de la memoria dedicado al pretratamiento se explica el diseño de estos filtros.

8.3. Dosificación de aditivos químicos

Después de las etapas de filtración y microfiltración es necesario hacer un tratamiento químico al agua de mar para prevenir cualquier daño en las membranas debido a incrustaciones y materia biológica. De acuerdo con la composición del agua de mar de la zona y el índice de Stiff & Davis calculado (0,57), el cual indica que se producirán incrustaciones y precipitaciones de sales, se dosificará cloruro férrico (FeCl_3) como coagulante, ácido sulfúrico (H_2SO_4) como reductor de pH, hipoclorito de sodio (NaClO) como desinfectante, bisulfito sódico (NaHSO_3) como reductor de óxidos y un inhibidor de incrustaciones GENESOL LS.

El coagulante, cloruro férrico (FeCl_3), sirve para la eliminación de sustancias coloidales tanto inorgánicas como orgánicas que podrían llegar a atascar las membranas. La dosis aplicada será de 15 ppm, y la disolución se preparará en un depósito de 2.000 L. Se añadirá antes de los sistemas de filtración mediante una bomba dosificadora de membrana magnética del fabricante PROMINENT.

El agente reductor de pH, ácido sulfúrico (H_2SO_4), es el encargado de acidificar el agua hasta alcanzar valores de pH adecuados y así mejorar el efecto de la desinfección. Se aplicará una dosis de 20 ppm, preparándose la disolución en un depósito de 1.000 L. Este agente se dosificará entre la filtración de malla y los filtros de cartucho, mediante una bomba dosificadora de membrana magnética del fabricante PROMINENT.

El agente desinfectante, hipoclorito sódico (NaClO), se encarga de eliminar o reducir la carga biológica del agua. La dosis a aplicar será de 5 ppm, y la disolución se preparará en un depósito de 2.000 L. Este reactivo se dosificará entre la filtración de malla y los filtros de

cartucho, mediante una bomba dosificadora de membrana magnética del fabricante PROMINENT.

El agente reductor, bisulfito sódico (NaHSO_3), tiene como objetivo la neutralización del cloro libre que queda de la desinfección para proteger las membranas. Se aplicará una dosis de 10 ppm, preparándose la disolución en un depósito de 2.000 L. Se añadirá tras los procesos de filtración mediante una bomba dosificadora de membrana magnética del fabricante PROMINENT.

El inhibidor de incrustaciones, Genesol LS, es efectivo en la prevención de incrustaciones, como son las debidas al carbonato cálcico, sulfato cálcico, sulfato de bario, sulfato de estroncio y sílice. La dosis que se aplicará será de 1,5 ppm, y la disolución será preparada en un tanque de 1.000 L. Se añadirá tras los procesos de filtración, mediante una bomba dosificadora de membrana magnética del fabricante PROMINENT.

8.4. Bombeo de alta presión

La línea de tratamiento contará con una bomba de alta presión más una de reserva, diseñada para un caudal igual al de permeado, debido al sistema de recuperación de energía que se instalará. Este diseño se debe a que se aprovechará la presión del rechazo o salmuera para impulsar el resto de la corriente de alimentación, instalando un sistema de intercambio de presión por cámaras isobáricas.

Teniendo en cuenta los resultados de la simulación realizada mediante el software IMS Desing 2015, que se adjunta en el Anexo I de este proyecto, de la que resulta una presión de alimentación al módulo de membranas de 54,1 bar y los cálculos hidráulicos, la bomba de alta presión estará diseñada para un caudal de operación de 125 m³/h y presión mínima de impulsión de 52,2 bar.

Las bombas se adquirirán del fabricante KSB itur, modelo Multitec. Se tratan de bombas de alta presión de cuerpo segmentado mediante anillos. En los Anexos IV y VIII se detalla el diseño de las bombas de alta presión y las fichas técnicas de las mismas.

8.5. Intercambio de presión

La instalación desaladora constará con un sistema de intercambio de presión por cámaras isobáricas rotativas, modelo PX-260 del fabricante ERI, el cual va acompañado de una bomba booster para aumentar en aproximadamente 2 bares la presión del agua de mar de alimentación al módulo de ósmosis inversa, y que corresponde a los 2 bares que pierde la salmuera desde que sale del bastidor hasta el sistema de intercambio.

La elección de este sistema de recuperación está basada en el menor consumo específico que tendrá la instalación, 4,07 kWh/m³, en comparación con los 6,04 kWh/m³ de las turbinas PELTON como sistema de recuperación de energía, lo que supone un ahorro anual de 52.999,40 € y, por tanto, contribuye a abaratar el precio del agua producto.

En el Anexo III se especifican las diferencias principales del sistema de intercambio de presión ERI, y el sistema de recuperación de energía turbina Pelton. Además se realiza una evaluación económica y energética de los mismos.

8.6. Proceso de ósmosis inversa

Se instalará un bastidor formado por una estructura metálica en acero, con 20 tubos de presión del fabricante CODELINE de 8" capaces de trabajar a presiones de 68 bar. Cada tubo de presión contiene 6 membranas del fabricante HYDRANAUTICS.

Las membranas tendrán una configuración de arrollamiento en espiral. La separación en el enrollamiento de las láminas en este tipo de membranas supone un bajo ensuciamiento de las mismas. Además, este tipo de configuración supone aplicar una presión bastante menor para que se dé la ósmosis inversa, influyendo en un diseño de las bombas de alta presión más pequeño, menos consumo y por tanto menor coste del agua.

El material de fabricación de las membranas será poliamida aromática. Son membranas muy sensibles al cloro, pero bastante flexibles con el pH. Tienen caudales mayores y rechazos de sales superiores a las membranas de acetato de celulosa.

El Anexo I explica en profundidad el proceso de ósmosis inversa, incluyendo las simulaciones realizadas para el diseño del bastidor de membranas.

8.7. Almacenamiento de agua producto

El agua producto, antes de enviarla a los embalses de los propietarios de las fincas, se enviará a un depósito cilíndrico tipo australiano de 1.050 m³ instalado en el exterior de la planta, concretamente en el barranco donde se encuentran los pozos, aprovechando el desnivel de 10 metros. Sus dimensiones son 10 metros de altura y un diámetro de 11,5 metros.



Figura M. 10 Tanque australiano

Fuente: Fiasa

El agua producto que sale prácticamente sin presión del bastidor de ósmosis inversa llegará a dicho tanque mediante descarga por gravedad, aprovechando el desnivel de 10 m que existe entre la planta desaladora y el barranco.

8.8. Bombeo a charca

El agua producto se bombeará a las charcas de los propietarios, desde las cuales se abastecerán. Este bombeo se hará mediante 3 bombas (2 trabajando y una en reserva) que han sido diseñadas teniendo en cuenta el tramo hacia el embalse más desfavorable que se encuentra a una cota de 260 metros, aquella que implica una mayor pérdida de carga. El caudal unitario será de 62,5 m³/h y la presión de impulsión debe ser 24, 2 bares.

Las bombas se adquirirán del fabricante KSB itur, modelo Multitec. Se tratan de bombas de alta presión de cuerpo segmentado con anillos. En los Anexos IV y VIII se detalla el diseño de las bombas de alta presión y las fichas técnicas de las mismas.

8.9. Evacuación de salmuera

La salmuera o rechazo del agua de mar tratada se eliminará mediante pozo, al cual llegará por gravedad debido a la diferencia de cota entre la instalación y el pozo de evacuación, el cual se encontrará en el barranco. Este contará con un encamisado de PRFV de 450 mm de diámetro.

El sondeo de evacuación de salmuera se realizará en el barranco, lo más alejado posible a los pozos de captación. Se realizará de la misma forma que los sondeos de captación de agua de mar, iniciándose el sondeo en la cota +105 y finalizando en -60 metros.

Los últimos 10 metros de pozo estarán ranurados para la evacuación de la salmuera. La evacuación de salmuera se producirá a 10 metros más de profundidad que la captación de agua de mar para así disminuir los efectos que el rechazo pueda causar al agua de alimentación.

9. Instalaciones auxiliares del proceso

9.1. Limpieza química de membranas

La superficie de las membranas de ósmosis inversa es propensa al ensuciamiento por materiales que pueden estar presentes en el agua de alimentación tales como óxidos metálicos, precipitaciones y presencia biológica, aunque se realice un pretratamiento estricto. Por todo ello se hace necesario un proceso de lavado químico de las membranas. No obstante, un correcto e intenso pretratamiento del agua de mar disminuirá considerablemente la frecuencia del lavado químico.

La instalación de limpieza química estará formada por un depósito de PRFV de 6.000 litros donde se preparará, almacenará y recirculará la solución química; dos bombas diseñadas para 120 m³/h y una altura de 49,2 m del fabricante KSB itur, que impulsarán la mezcla para la limpieza de las membranas; y un filtro de cartuchos de 5 µm absolutas del fabricante HARMSCO para retener las partículas arrancadas y no disueltas.

El Anexo V contiene el proceso y cálculos de los equipos de limpieza química de las membranas.

10. Instalaciones complementarias del proceso

10.1. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica de la planta desaladora del presente proyecto cumplirá el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, y las instrucciones básicas de la compañía eléctrica suministradora.

UNELCO-ENDESA S.A. será la compañía eléctrica que suministrará esta energía por acometida general en alta tensión 20 kV. La compañía recomienda cables conductores de aluminio Al 12/20 kV de $1*150 \text{ mm}^2$ de sección para cualquier acometida.

La red de distribución entrará en dos centrales transformadoras de 250 kVA y 630 kVA para transformar la energía en 230/400V y 6000V respectivamente. Después de transformarse la tensión, las líneas repartidoras entrarán en los contadores para monofásica y trifásica cumpliendo las normas de enlace de la compañía eléctrica suministradora, estando a una altura mínima de 0,50 m y máximo de 1,80 m, alojados en módulos de plástico incombustible y precintable para evitar la manipulación, de ahí a los cuadros generales de protección y maniobra (CGMP) situados en la sala de cuadros eléctricos, donde se dispondrá la aparatamenta correspondiente contra contactos directos y sobreintensidades e indirectos, y saldrán las derivaciones individuales hacia cada subcuadro.

10.1.1. Cálculo de potencia

A continuación se realiza el cálculo de potencia eléctrica de la desaladora de agua de mar y consumos eléctricos de cada uno de los componentes.

Concepto	Potencia (kW)	Coef. simultaneidad	Potencia (kW)
BOMBA DE CAPTACIÓN N°1	129,43	1	129,43
BOMBA DE CAPTACIÓN N°2 (reserva)	129,43		
BOMBA DE ALTA PRESIÓN N°1	260,87	1	260,87
BOMBA DE ALTA PRESIÓN N°2 (reserva)	260,87		
BOMBA BOOSTER N°1	6,62	1	6,62
BOMBA DE IMPULSIÓN DE PRODUCTO N°1	55,78	1	55,78
BOMBA DE IMPULSIÓN DE PRODUCTO N°2	55,78	1	55,78
BOMBA DE IMPULSIÓN DE PRODUCTO N°3 (reserva)	55,78		
BOMBA LAVADO QUÍMICO N°1 + BOMBAS DOSIFICADORAS	24		
BOMBA LAVADO QUÍMICO N°2 + BOMBAS DOSIFICADORAS (reserva)	24		
ALUMBRADO	10	1	10
TOMAS CORRIENTE NAVE + OFICINAS	15	1	15
TOTAL POTENCIA MÁS DESFAVORABLE			533,48
TOTAL POTENCIA INSTALADA	1.027,56		
COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD APROX.		0,52	

Tabla M. 2 Potencia instalada en la planta desaladora

La potencia instalada en la planta desaladora es de 1.027,56 kW, con un coeficiente de simultaneidad de 0,52, lo que da una potencia permanente de 533,48 kW.

La distribución en planta será mediante subcuadros que dividirán la potencia total en las diferentes zonas a alimentar, y estarán localizados en las zonas correspondientes de consumo.

10.1.2. Distribución de las líneas eléctricas

El montaje de los circuitos para las tensiones 230/400 V y 6000 V hacia los subcuadros se realizará por canaleta vista y aérea bajo tubo de PVC rígido estanco con aislamiento 0,6/1 kV para 230/400 V y aislamiento 6 kV para tensión de 6000 V, con grado de protección a caída vertical de gotas y proyecciones de agua, según la ITC-BT 15 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Para las instalaciones eléctricas de alumbrado se colocarán conductores de cobre, con aislamiento 450/750 V, visto grapado sobre pared, siguiendo la ITC-BT 44.

Los conductores de alimentación a motores deberán estar dimensionados para el 125% de la potencia del motor según la Instrucción MI-BT 047, apartados 3.1 y 3.2. Todos los motores estarán protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas en todas sus fases, debiendo cubrir esta protección, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, reponerse a dicho restablecimiento o perjudicar al motor. Se procurará el máximo equilibrio en la carga de cada fase y se subdividirán las instalaciones de forma que las averías originadas sean de fácil localización.

Los conductores serán fácilmente identificables por el vigente código de colores:

- Negro, marrón y gris para las fases.
- Azul para el neutro.
- Verde-amarillo para los conductores de protección.

10.1.3. Protección contra contactos directos

Se tomarán las medidas destinadas a proteger a las personas del contacto con las partes activas de los materiales eléctricos según la ITC-BT-24.

10.1.4. Protección contra contactos indirectos

La protección se realizará mediante corte automático de la alimentación, impidiendo que una tensión de contacto se mantenga en el tiempo después de provocarse un fallo. Su instalación cumplirá con la ITC-BT 24, además de existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación, según la ITC-BT-08.

10.1.5. Protección contra sobrecargas

Todos los circuitos de la instalación eléctrica estarán protegidos contra sobrecargas siguiendo los requisitos de la ITC-BT-22, motivadas por sobrecargas de aparatos de mayor potencia, cortocircuitos en el punto de conexión, o descargas eléctricas atmosféricas.

Las protecciones contra sobrecargas se realizarán mediante dispositivos magnetotérmicos o automáticos que limitará la intensidad de los receptores ante la intensidad máxima admisible del conductor.

10.1.6. Instalación en local mojado

Se aplicará la ITC-BT 30 para locales de características especiales, ya que la instalación eléctrica de la desaladora se considerará como local mojado.

Las canalizaciones serán estancas, empleándose en sus extremos y conexiones de elementos sistemas o dispositivos con grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua.

Los aparatos de mando se encuentran en el interior de paneles no metálicos.

Las tomas de corriente serán del tipo protegido contra la caída vertical de gotas de agua.

Los receptores de alumbrado serán igualmente de tipo estanco.

10.1.7. Puesta a tierra

Se seguirá lo establecido en el REBT ITC-BT-18, en el cual se cumplirá la tabla 2 del apartado 3.4.

Sección de los conductores de fase de la instalación (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla M. 3 Sección de los cables de tierra

La instalación de tierra se realizará mediante anillo de 50 mm² con placas enterradas como electrodo cada 10 m de distancia, alrededor de la nave, y mejorando el terreno mediante excavación 1x1x1m añadiendo tierra vegetal y sulfato de cobre.

Con respecto al edificio, su estructura metálica estará protegida y conectada a tierra mediante un anillo perimetral de cobre desnudo 35 mm² a la nave industrial, conexionando tanto la estructura metálica de pilares, correas y cerchas y armaduras de zapatas.

10.2. **Instalación contra incendios**

La nave industrial en cuyo interior se encuentra la instalación es de tipo C según el Reglamento contra incendios para establecimientos industriales (R.D. 2267/2004), situándose esta a más de tres metros de distancia del edificio más próximo.

El recinto, por su carga de fuego, tiene riesgo intrínseco del sector de incendio bajo 1, por lo que no hay límite de superficie para sectorización.

Para instalaciones de tipo C y riesgo intrínseco de fuego bajo, el Reglamento anteriormente citado no obliga a poner detección de incendios. Sin embargo, se colocará sistemas de detección de incendios en zona de oficinas, cuadros eléctricos y sala de transformadores.

Además, se instalarán sistemas manuales de alarma de incendios en las puertas de evacuación mediante sirena colocada en fachada.

En la instalación la zona de fábrica contará con puertas de evacuación y antipánico.

Se instalarán extintores portátiles de eficacia mínima 21A-113B en número suficiente con una separación máxima entre extintores de 15 m, colocados en las superficies de las paredes y en los pilares de la nave.

Zona de oficinas, fábrica y salidas de evacuación: extintores 6 kg polvo seco.

Zona de subcuadros, sala de transformadores y sala de cuadro eléctrico principal: extintores 5 kg CO₂.

10.3. Sistema de control

El sistema de control de la desaladora de agua de mar se encuentra situado en una sala de control ubicada en el interior de la nave.

Constará de un software del fabricante Siemens que permite la actuación de los elementos de la instalación de dos formas básicas: mediante programas que controlen las secuencias de actuación, los lazos de control, los parámetros de fabricación, las alarmas etc o, mediante la actuación manual de cada uno de los elementos por parte del operario.

11. Edificación

La planta desaladora se instalará en los terrenos ya descritos, según Plano 1 de situación y emplazamiento, abarcando una superficie aproximada de unos 2.000 m². El edificio donde se ubicará la instalación ya está construido, con lo cual, dicho edificio se arrendará y se incluirá en los costes de amortización. Constará de una nave de procesos y un edificio anexo de oficinas y servicios, construido en estructura metálica de pilares y cerchas, y cerramientos de panel sándwich de 35 mm de espesor cubierto de chapa simple de acero galvanizado. Las características son las siguientes:

11.1. Nave del proceso

- Superficie: $44,25 \times 29,15 = 1300 \text{ m}^2$
- Altura: 8 m

- Contenido: maquinaria para el proceso de ósmosis inversa, incluyendo el pretratamiento de agua de mar, la zona limpieza química y el bombeo de agua producto. Dentro de la nave existen cuatro salas: de respuestos, del transformador, de control y el taller.

11.2. Zona de oficinas

- Superficie: $15,7 \times 7,6 = 120 \text{ m}^2$
- Altura: 3 m
- Contenido: laboratorio, sala de reuniones, despacho y recepción.

Los pozos de captación de agua de mar, evacuación de salmuera y el depósito de agua producto se encuentran situados en el exterior de la nave, concretamente aprovechando el desnivel de un pequeño barranco de unos 10 metros de profundidad.

12. Evaluación financiera

El presupuesto de la construcción de la instalación desaladora de agua de mar asciende a la cantidad de un millón doscientos ochenta y ocho mil trescientos veinticuatro euros con quince céntimos (1.288.324,15 euros), desglosado en el documento Presupuesto del proyecto.

Este importe es reducido gracias a las subvenciones mencionadas en el Anexo VI sobre la evaluación financiera. Así mismo, se desglosan otros gastos de operación de la planta desaladora, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Concepto	Euros
Amortización media	43.967,14
Reactivos químicos	41.069,92
Consumo eléctrico	97.718,70
Mano de obra	69.500,00
Reposición de membranas (a partir del 5º año)	9.400,00
Otros gastos de mantenimiento	15.000,00
Arrendamiento nave	25.000,00
TOTAL	301.723,62

Tabla M. 4 Resumen de costes de operación

El precio del m³ de agua producto se obtiene dividiendo el costo de operación anual de la instalación entre el volumen anual de agua producida:

$$\frac{\text{€}}{\text{m}^3\text{agua}} = \frac{301.723,62}{547.500} = \mathbf{0,551}$$

Este precio del m³ de agua producto se justifica en el Anexo VI que contiene la evaluación financiera.

CONCLUSIONS

Throughout this final work, has developed the design of a desalination plant of sea water to supply a group of farmers in the south of the island of Tenerife, applying knowledge acquired at university and standards.

Due to the water shortage that makes farmers are stocked with bad water, the objective of the plant is to get a good quality water for the cultivation of bananas to a competent price, using reverse osmosis. Each design and selection among the alternatives of the equipment that make up the seawater desalination plant has been done thought that objective. The most important element to lower the cost of water is the energy recovery system, as shown in Annex II.

Depending on the cost of the product water from our plant, which it is higher than the price of water supplied in the area, it appears that the installation is not economically viable. However, comparing the quality of water, we see how our water involves obtaining fruits of greater weight and higher category, which results in a greater benefit for the farmer, as shown in the financial evaluation.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

ANEXOS

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

Índice

Anexo I. Ósmosis Inversa

1.	Descripción del proceso.....	1
2.	Diferencia entre ósmosis inversa y otros procesos.....	2
3.	Ecuaciones básicas de la ósmosis inversa.....	3
3.1.	Balance de materia.....	4
3.2.	Factor de conversión y factor de concentración.....	5
3.3.	Factor de Rechazo (R) y de Paso de Sales (SP).....	6
4.	Membranas de ósmosis inversa.....	6
4.1.	Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su configuración.....	6
4.2.	Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su material de fabricación.....	10
5.	Diseño del sistema de ósmosis inversa.....	12
5.1.	Consideraciones de diseño.....	13
5.2.	Resultados de la simulación en IMS Desing 2015.....	15

Anexo II. Sistema de Recuperación de Energía

1.	Introducción.....	19
2.	Turbinas pelton.....	19
3.	Intercambiadores de presión.....	21
4.	Comparación entre ambos sistemas.....	23
5.	Elección del sistema de recuperación de energía.....	25

Anexo III. Pretratamiento del Agua de Mar

1.	Introducción.....	27
2.	Pretratamiento físico.....	27
2.1.	Filtración grosera.....	27
2.2.	Filtración de afino.....	30
3.	Pretratamiento químico.....	34
3.1.	Cálculo del pretratamiento químico.....	34
3.2.	Conclusiones y dosificación de aditivos químicos.....	39
3.2.1.	Dosificación de coagulante.....	39
3.2.2.	Dosificación de agente regulador del pH.....	40
3.2.3.	Dosificación de agente desinfectante.....	42

3.2.4.	Dosificación de agente reductor	44
3.2.5.	Dosificación de agente antiincrustante	46

Anexo IV. Cálculos Hidráulicos

1.	Dimensionado de tuberías.....	49
1.1.	Aspiración de las bombas de captación	49
1.2.	Colector de impulsión de las bombas de captación	50
1.3.	Derivaciones a filtros de malla automáticos.....	50
1.4.	Salida de filtros de malla automáticos	51
1.5.	Colector de salida filtros de malla automático	51
1.6.	Derivaciones a filtros de cartuchos	52
1.7.	Salida de filtros de cartuchos	52
1.8.	Colector de salida filtros de cartuchos	53
1.9.	Derivación a bomba alta presión	53
1.10.	Derivación a intercambiador de presión, ERI	54
1.11.	Salida de la bomba de alta presión	54
1.12.	Salida de agua de mar del intercambiador de presión.....	55
1.13.	Colector de entrada al bastidor de ósmosis.....	55
1.14.	Salida de agua producto del bastidor a depósito de agua producto	56
1.15.	Colector desde depósito de agua producto hasta bomba impulsión de agua producto.....	56
1.16.	Derivación a bombas de impulsión de agua producto	57
1.17.	Colector de impulsión de agua producto.....	57
1.18.	Salida de salmuera del bastidor a intercambiador de presión	58
1.19.	Salida de salmuera del intercambiador de presión	58
1.20.	Salida de agua producto del bastidor a tanque de limpieza química	59
1.21.	Salida de solución de limpieza desde depósito hasta bombas de impulsión	59
1.22.	Salida de solución de limpieza desde bombas hasta filtro de cartuchos.....	59
1.23.	Salida de solución de limpieza desde filtro de cartuchos hasta bastidor de ósmosis.....	60
1.24.	Salida de solución de limpieza desde bastidor de ósmosis hacia depósito de limpieza.....	60
2.	Cálculos hidráulicos	64
2.1.	Cálculo de las pérdidas de carga en las conducciones (Fc).....	64
2.2.	Cálculo de las pérdidas de carga de accesorios (Fe).....	66
2.3.	Cálculo de la altura manométrica y selección de las bombas.....	69

2.3.1.	Bombas de captación	69
2.3.2.	Bombas de alta presión.....	73
2.3.3.	Bomba Booster	76
2.3.4.	Bombas de agua producto.....	78
2.3.5.	Bomba de llenado del tanque de limpieza química	81
2.3.6.	Bombas de limpieza química.....	84

Anexo V. Sistema de Limpieza Química de Membranas

1.	Introducción	87
2.	Dimensionado del sistema de lavado químico	87
2.1.	Depósito de lavado químico	88
2.2.	Dosificación del agente de limpieza química	89
2.3.	Bomba para la limpieza química.....	90
2.4.	Filtros de cartucho para el sistema de limpieza química	90
3.	Procedimiento de limpieza química	91
3.1.	Preparación de la solución de limpieza.....	91
3.2.	Recirculación de la solución de limpieza en el sistema.....	92
3.3.	Desplazamiento de la solución de limpieza/aclarado.....	92
3.4.	Arranque de la producción.....	92

Anexo VI. Evaluación Financiera

1.	Presupuesto	93
2.	Evaluación financiera	93
2.1.	Subvenciones	93
2.2.	Costes de amortización.....	95
2.3.	Costes de operación	96
2.3.1.	Reactivos químicos.....	96
2.3.2.	Consumo eléctrico	97
2.3.3.	Mano de obra.....	97
2.3.4.	Reposición de membranas	97
2.3.5.	Otros gastos	97
2.4.	Resumen de costes	98
2.5.	Precio del m ³ del agua desalada.....	99
2.6.	Evaluación de resultados.....	99

Anexo VII. Instalación Eléctrica

1. Generalidades	101
2. Criterios de las bases de cálculo	101

Anexo VIII. Fichas Técnicas

1. Introducción.....	107
2. Bombas de captación.....	107
3. Bombas de alta presión y bombas de impulsión de agua producto	107
4. Bomba de llenado del tanque de lavado químico.....	107
5. Bomba booster	107
6. Bombas de limpieza química	107
7. Filtros de malla automáticos.....	107
8. Filtros de cartuchos	107
9. Intercambiador de presión ERI	107
10. Tubos de presión.....	107
11. Membranas	107
12. Depósitos de productos químicos	107
13. Depósito de agua producto	107
14. Fichas de seguridad de los reactivos químicos.....	107

ANEXO I. ÓSMOSIS INVERSA

1. Descripción del proceso

La ósmosis es un fenómeno que tiene lugar en diversos procesos naturales en las células de los seres vivos. Ocurre cuando, a través de una membrana semipermeable, el agua fluye desde la solución de menor salinidad hasta otra de mayor concentración salina.

El sistema intentará alcanzar el equilibrio, es decir, intentará alcanzar la misma concentración a ambos lados de la membrana. El flujo de agua desde la solución más diluida hacia la más concentrada se detendrá cuando se alcance un equilibrio entre ambas concentraciones. La fuerza que provoca ese movimiento se conoce como presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambas soluciones.

La ósmosis inversa consiste en invertir este proceso, lo que se consigue aplicando una presión superior a la presión osmótica correspondiente, en el lado de la solución más concentrada. Con esto se consigue que la dirección del flujo del agua vaya del lado de la solución más concentrada a la solución más diluida.

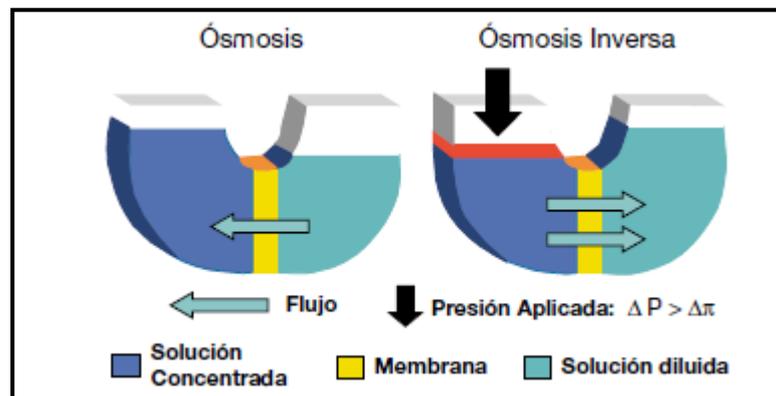


Figura A1. 1 Esquema del proceso de ósmosis inversa

Fuente: Guía desalación SINAC (Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo)

Para reproducir este fenómeno a escala industrial son necesarios dos componentes clave: la bomba para aplicar la presión y la membrana capaz de realizar la separación de sales.

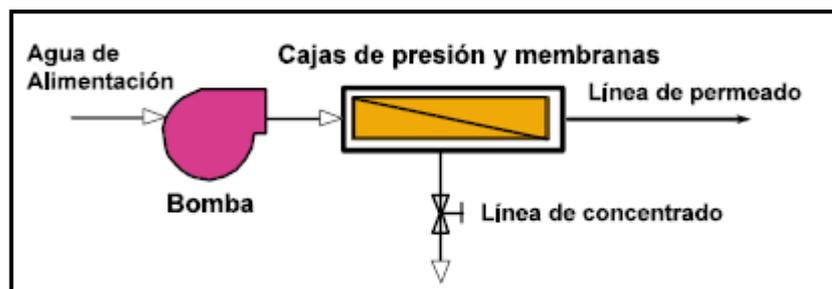


Figura A1. 2 Esquema básico de un sistema de membranas

Fuente: Guía de desalación del SINAC

La membrana debe reunir una serie de requisitos:

- Debe ser capaz de resistir las presiones que se tienen que aplicar al agua para invertir el proceso.
- Debe ser suficientemente permeable al agua para que el flujo que proporciona sea elevado.
- Debe rechazar un porcentaje de sales elevado para que el producto sea de buena calidad.

2. Diferencia entre ósmosis inversa y otros procesos

Existen tres aspectos que marcan claramente la diferencia de la ósmosis inversa con la filtración o microfiltración y son los siguientes:

- En la filtración todo el caudal atraviesa el elemento separador, que impide únicamente el paso de partículas sólidas de un determinado tamaño. Sin embargo, en la ósmosis inversa, sólo una parte del caudal de alimentación atraviesa la membrana constituyendo el producto, mientras el resto es eliminado sin atravesar la membrana y forma el rechazo.
- En la ósmosis inversa no se produce la acumulación del material separado sobre la superficie de la membrana, como ocurre en los otros procesos.
- En la filtración el flujo de agua a tratar es perpendicular a la membrana, mientras que en la ósmosis es paralelo a ella. Esto se puede ver en la figura que se muestra a continuación:

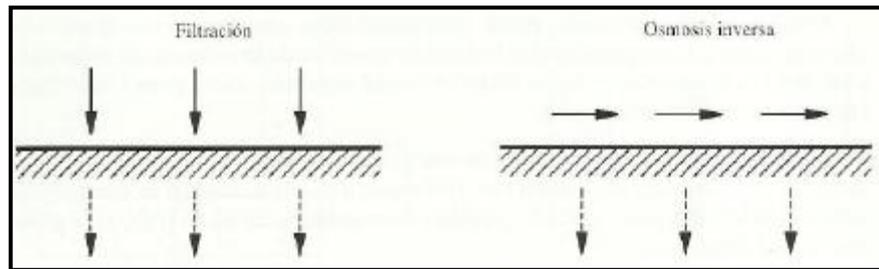


Figura A1. 3 Direcciones del flujo en procesos de separación

Fuente: Medina San Juan, Jose Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis Inversa

También la ósmosis presenta diferencias notables con la electrodiálisis:

- En la ósmosis, el agua es separada de las sales, mientras que en la electrodiálisis son los iones que constituyen las sales los que abandonan el agua, atraídos por electrodos de distinta carga.
- La fuerza que rige el proceso de ósmosis inversa es la presión, mientras que en la electrodiálisis es el potencial eléctrico.

3. Ecuaciones básicas de la ósmosis inversa

Las fórmulas usadas en los cálculos de ósmosis inversa están basadas en el modelo de solución-difusión a través de la membrana, en donde habrá un paso de un flujo de sales, J_s , y un flujo de agua, J_w .

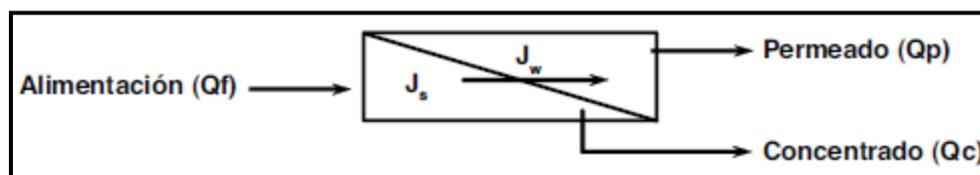


Figura A1. 4 Modelo de solución-difusión

Fuente: Guía de desalación del SINAC

La ecuación de difusión del flujo de agua es la siguiente:

$$J_w = A * (\Delta P - \Delta \pi)$$

Donde:

J_w = Flujo de agua en $L/m^2 \cdot h$

A = Coeficiente de permeabilidad de la membrana en $L/m^2/bar$

ΔP = Presión diferencial transmembrana, bar.

$\Delta \pi$ = Presión osmótica diferencial, bar.

El factor A es característico de cada membrana y depende de varios factores como son: el espesor y material de la membrana, la temperatura, la presión, el pH, el factor de conversión y la concentración salina de la solución.

El término entre paréntesis de esta fórmula es lo que se conoce como Presión Neta de Trabajo (NDP).

De esta fórmula se deduce que cuanto mayor sea la presión neta de trabajo, mayor será la productividad de la membrana, obteniéndose un mayor flujo de permeado.

La ecuación del transporte de sales es la siguiente:

$$J_s = B * \Delta C$$

Donde:

J_s = Flujo de sales, en $Kg/m^2/s$.

B = Coeficiente de transferencia de masa de sales, en m/s .

ΔC = Concentración media diferencial transmembrana, Kg/m^3 .

El factor B depende de las características de la membrana, temperatura, presión, pH, el factor de conversión y la concentración salina de la solución.

De esta fórmula se desprende que cuanto mayor sea la concentración salina en el lado de alimentación, mayor será el paso de sales, con lo que aumentará la salinidad del permeado.

3.1. Balance de materia

Para el proceso de ósmosis inversa podemos obtener dos balances en función de los componentes:

- Balance del agua: $Q_f = Q_p + Q_c$
- Balance del soluto: $Q_f \cdot C_f = Q_p \cdot C_p + Q_c \cdot C_c$

Donde:

Q_f = Caudal de alimentación, m^3/h .

Q_p = Caudal de permeado, m^3/h .

Q_c = Caudal de concentrado o rechazo, m^3/h .

C_f = Concentración de soluto en la alimentación, Kg/m^3

C_p = Concentración de soluto en el permeado, Kg/m^3

C_c = Concentración de soluto en el concentrado o rechazo, Kg/m^3

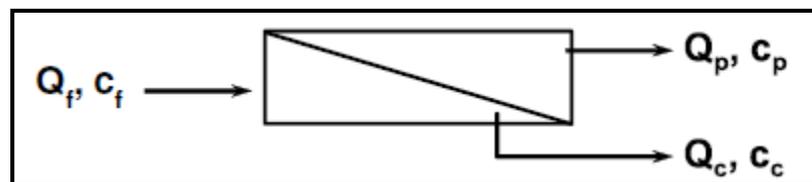


Figura A1. 5 Esquema de balance de materia

Fuente: Guía desalación del SINAC

3.2. Factor de conversión y factor de concentración

El factor de conversión o recuperación Y , es el porcentaje de permeado que se obtiene a partir del caudal de alimentación. Es el cociente, expresado en tanto por ciento, entre el caudal de permeado y el caudal de aportación que llega a las membranas:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \cdot 100 = \left(1 - \frac{Q_c}{Q_f}\right) \cdot 100$$

El factor de concentración, FC , de un sistema de ósmosis inversa está relacionado con el factor de conversión mediante la fórmula siguiente:

$$FC = \frac{1}{1 - Y}$$

El factor de concentración indica la relación entre la salinidad del concentrado y la salinidad de la alimentación.

3.3. Factor de rechazo (R) y de paso de sales (SP)

El rechazo de sales de las membranas es el factor que determina la calidad final del permeado de un sistema de ósmosis inversa. La fórmula que determina el rechazo de sales es:

$$R = \frac{C_f - C_p}{C_f} \cdot 100$$

Por tanto, el paso de sales, SP, en tanto por ciento, será:

$$SP = 100 - R$$

4. Membranas de ósmosis inversa

4.1. Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su configuración

Las membranas de ósmosis inversa se han estructurado atendiendo a cuatro tipos de configuración:

– Membranas de tipo plano

Están constituidas por una lámina que se coloca dentro de un marco, circular o rectangular, que actúa de soporte de la membrana y le confiere rigidez y resistencia.

La superficie de estas membranas es pequeña, por lo que para aumentar la producción de los equipos que disponen de estas membranas se colocan unas encima de otras, constituyendo una especie de torre o columna de membranas, por tanto, se requiere un número alto de membranas para obtener una buena producción.

Su principal ventaja es que la separación entre membranas, de 1 a 3 mm, es amplia, por lo que se obstruyen menos que otras y requieren de menor mantenimiento.

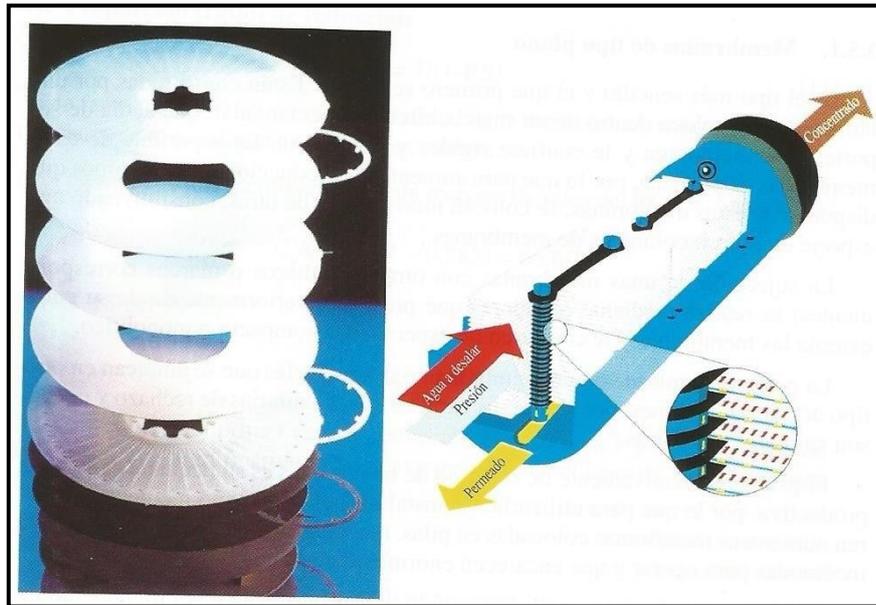


Figura A1. 6 Membranas de tipo plano

Fuente: Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa

– Membranas tubulares

Disponen de una mayor superficie unitaria que las anteriores, sin renunciar a las ventajas de dificultad de ensuciamiento y fácil limpieza.

La membrana va alojada en un tubo de PVC, el cual soporta la presión del proceso.

El agua alimenta a la membrana por su interior y el permeado se obtiene por la parte exterior de la misma. Para aumentar la capacidad de la instalación se colocan varios tubos en paralelo, lo que implica mucho espacio.

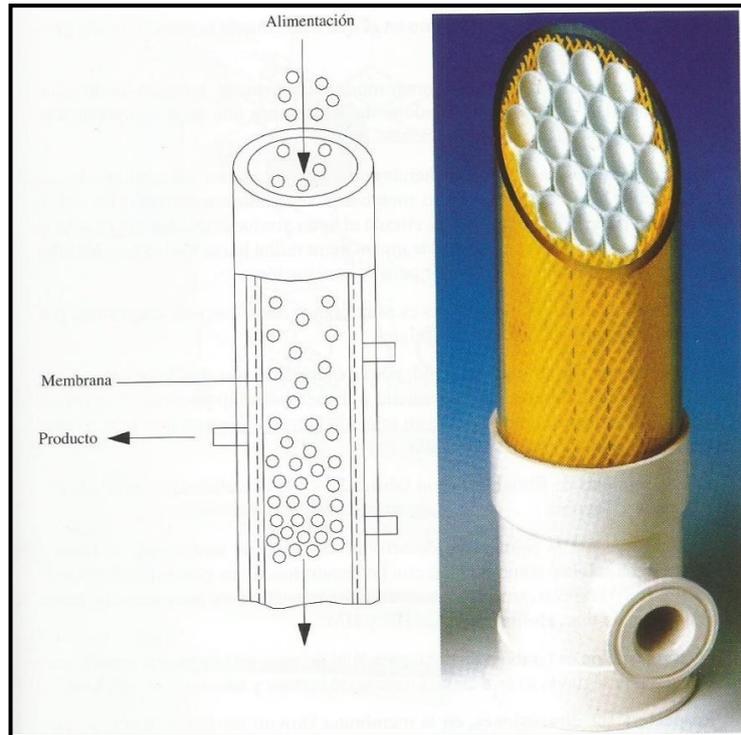


Figura A1. 7 Membrana tubular

Fuente: Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa

– Membranas de fibra hueca

Están constituidas por un haz de millones de tubos capilares del tamaño de un cabello humano, huecos interiormente. Su delgadez permite su empaquetamiento en poco espacio, dentro de un tubo cilíndrico que constituye la carcasa protectora y permite la circulación de la solución a desalar. Este tubo es de PRFV para evitar la corrosión.

El agua a tratar entra por el extremo del tubo o carcasa y se distribuye a través de un tubo central provisto de perforaciones en direcciones hacia las paredes del tubo.

Las fibras se colocan paralelas alrededor de este tubo central, doblándose en uno de los extremos y retornando al otro.

El agua a presión se aplica a la membrana desde el exterior del capilar y la pared de fibra actúa como membrana separadora reteniendo las sales, mientras que por el interior circula el agua producto que ha atravesado la membrana. La salmuera se desplaza de una manera radial hacia los bordes del tubo, siendo recogida mediante un colector para su evacuación.

La superficie de estas membranas es muy grande, pero su caudal unitario es pequeño. Para aumentar el caudal por membrana se extiende el haz de fibras.

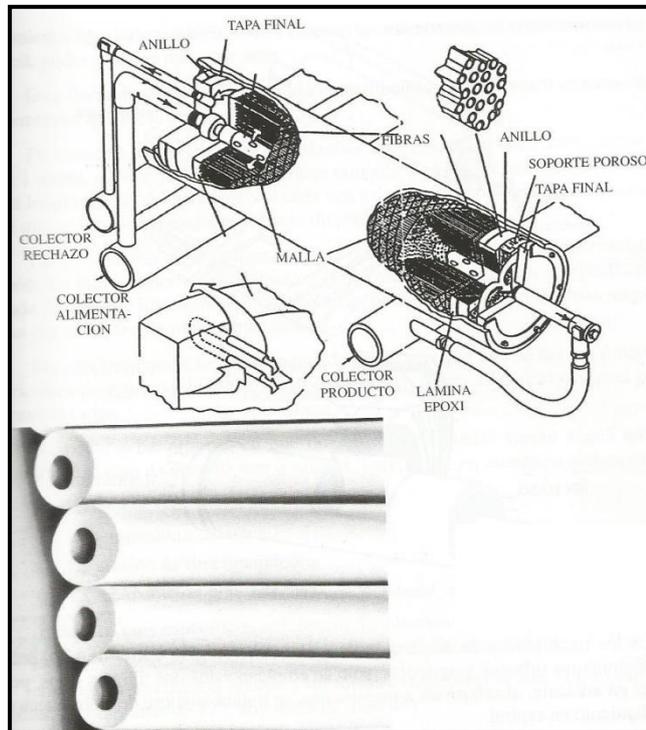


Figura A1. 8 Membrana de fibra hueca

Fuente: Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa

– Membranas de arrollamiento en espiral

Las membranas están formadas por varias láminas rectangulares enrolladas alrededor de un eje cilíndrico provisto de perforaciones que permiten recoger el agua producto, provistas dentro de una envuelta exterior de PRFV.

Para el enrollamiento de las láminas desaladoras se disponen éstas alternadas con un separador impermeable y una malla. La malla plástica determina los canales hidráulicos por los que circula el agua a tratar y por su forma cuadrículada garantiza un régimen de funcionamiento turbulento, lo que reduce las posibilidades de obstrucción. El separador impermeable permite aislar el caudal que pasa por cada una de las láminas o membranas y separarlo de la salmuera.

El enrollamiento permite introducir una gran superficie de membrana en un espacio reducido, aumentando la capacidad del módulo y reduciendo el espacio ocupado.

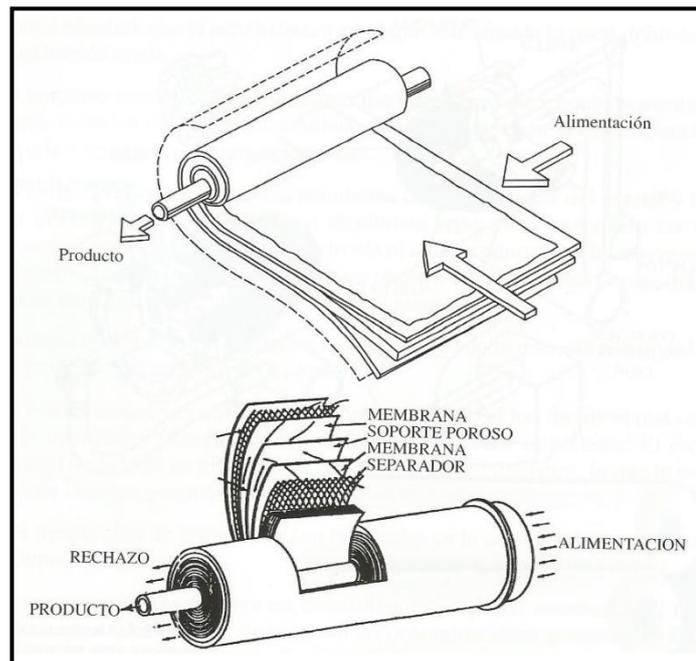


Figura A1. 9 Membrana de arrollamiento en espiral

Fuente: Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa

4.2. Clasificación de las membranas de ósmosis inversa en función de su material de fabricación

La constitución de las membranas es fundamentalmente en dos materiales: acetatos de celulosa y poliamida aromática.

– Membranas de acetatos de celulosa (AC)

Las membranas de AC están hechas de una mezcla de diacetato y triacetato de celulosa. Se forman por la unión íntima de una capa fina o capa activa de un polímero de AC en una disolución de acetona, con determinados aditivos, sobre una base de poliéster no entretejido.

Tras el proceso de unión de las dos capas, la membrana se calienta en un baño de agua a una temperatura entre 60 y 90°C. El calentamiento es el proceso que mejora la selectividad de la membrana y si bien provoca un descenso del transporte de agua, el descenso del paso de sales es mucho más significativo.

Después del proceso de fabricación, se obtiene una membrana asimétrica en su estructura, con una capa superficial densa de entre 0,1 y 0,2 μm , que es la responsable del rechazo de sales. El resto de la membrana es una capa esponjosa y porosa con alta permeabilidad.

La Tabla A1.1 recoge las ventajas e inconvenientes de las membranas fabricadas con acetato de celulosa.

Ventajas	Inconvenientes
Alta permeabilidad	Alta sensibilidad a la hidrólisis
Elevado porcentaje de rechazo de sales	Posibilidad de degradación
Tolerancia al cloro libre	Alto riesgo de disolución de la membrana
Bajo costo	Aumento del paso de sales con el tiempo
	Elevadas presiones de trabajo

Tabla A1. 1 Características de las membranas de AC

– Membranas de poliamida aromática (PA)

Las membranas compuestas de poliamida se fabrican en dos etapas: en la primera, la capa soporte de polisulfona se une a una capa esponjosa de poliéster no entretejido. La capa de polisulfona es muy porosa y no es selectiva. En otra etapa del proceso de fabricación, una fina película semipermeable se monta sobre un sustrato de polisulfona, mediante polimerización interfacial de monómeros que contienen grupos funcionales de cloruros, con grupos amino y ácidos carboxílicos.

Este proceso de fabricación permite optimizar las propiedades de la capa activa de rechazo de sales. El resultado es que las membranas presentan unas características de altos flujos de agua y de bajo paso de sales, mejorando sustancialmente a las de acetato de celulosa.

No obstante, las membranas de poliamida son muy susceptibles de sufrir degradación cuando entran en contacto con cloro libre, mientras que las de acetato de celulosa pueden tolerar determinados niveles de exposición a agentes oxidantes.

La Tabla A1.2 siguiente recoge las ventajas e inconvenientes de las membranas fabricadas con poliamida aromática.

Ventajas	Inconvenientes
Alto porcentaje de rechazo de sales	Sensibilidad frente a los oxidantes
Ausencia de hidrólisis	Fácil ensuciamiento y aparición de desarrollos biológicos
No biodegradabilidad	Alto costo
Alta estabilidad química	
Constancia del paso de sales a lo largo del tiempo	
Presiones de trabajo reducidas	

Tabla A1. 2 Características de las membranas de PA

5. Diseño del sistema de ósmosis inversa

Para realizar el diseño del sistema de ósmosis inversa se ha utilizado el software de simulación del proceso “Integrated Membrane Solution Desing 2015 (IMS Desing 2015)”, proporcionado por la empresa Hydranautics Nitto Group Company, suministradora de membranas de ósmosis inversa.

Mediante esta simulación se ha escogido el tipo y número de membranas que mejor se ajustan a los requerimientos del proceso, definiendo, para ello, los parámetros que intervienen en el diseño.

5.1. Consideraciones de diseño

Necesitamos obtener 1.500 m³/d de agua permeada, lo que equivale a 125 m³/h ya que la planta operará 12 horas al día. La conductividad del agua producto debe rondar los 700 µS/cm, que es la adecuada para un óptimo cultivo del plátano.

Los datos de diseño introducidos en el programa informático IMS Desing 2015 han sido:

- Composición del agua de mar:

Ión	Ppm	Ión	ppm
NH ₄ ⁺	0	CO ₃ H ⁻	146
K ⁺	398	NO ₃ ⁻	9,30
Na ⁺	11086	Cl ⁻	19960
Mg ⁺	1330	F ⁻	1
Ca ⁺	433	SO ₄ ⁻	2787
Sr ⁺	0,0	SiO ₂	1
Ba ⁺	0,0	Br ⁻	5,01
Fe ⁺	0,0	CO ₃ ⁻	15,74
As ⁺	0,0	SO ₃ ⁻	0,0
Mn ⁺	0,0	NO ₂ ⁻	0,0
TDS 36186 ppm			
PH 8			

Tabla A1. 3 Composición iónica del agua de alimentación

- Temperatura del agua de mar: 20°C
- Tipo de agua: Mar pozo convencional
- pH del agua de alimentación: 8
- Conversión: 50%
- Caudal de permeado: 1.500 m³/d
- Tipo de membrana: SWC6-LD (entre las recomendadas por el fabricante)

A continuación mostraremos la interfaz del software IMS Desing 2015 con las distintas pestañas en las que se han introducido los datos para el diseño y cálculo de las membranas.

Proyecto: Simulacion_SWC6-LD Calculado por: Fabian Temperatura: 20,0 °C Tipo de agua: Mar Pozo Convencional

pH: 8,00 CO3: 13,171 mg/l CO2: 0,815 mg/l E conductividad: 56220,9 µs/cm

Cationes		Aniones			
	mg/l	mg/l CaCO3			
Ca	433,00	1082,50	HC03	146,00	119,67
Mg	1330,00	5450,82	SO4	2787,00	2903,13
Na	11086,00	24100,00	Cl	19960,00	28152,33
K	398,00	508,98	F	1,00	2,63
NH4	0,00	0,00	NO3	9,00	7,26
Ba	0,000	0,00	PO4	0,00	0,00
Sr	0,000	0,00	SiO2	1,00	
			B	0,00	
Total, meq/l		622,85	Total, meq/l		624,14

Saturaciones	
TDS Calculado	36164 mg/l
Fuerza ionica	0,718
Presión osmotica	26,0 bar
Ca3(PO4)2 SI	0,00
CaSO4	23,1 %
BaSO4	0,0 %
SrSO4	0,0 %
CaF2	0,4 %
Silica	0,8 %

Figura A1. 10 Datos de alimentación para el cálculo de membranas Hydranautics. IMS Desing 2015

Proyecto: Simulacion_SWC6-LD Calculado por: Fabian Temperatura: 20,0 °C Tipo de agua: Mar Pozo Convencional

Trenes	
	Paso1
pH alimentación	8,00
Conversión %	50,00
Caudal de permeado, m3/d	1500,0
Flujo promedio l/mh	14,0
Caudal de alimentación, m3/d	3000,0
Caudal de rechazo, m3/d	1500,0
Producto químico	None
Concentración de la solución, %	100
Tasa de dosificación de productos químic mg/l	0,000
Edad membrana años	0,0
Disminución Fluj por año	5,00
Factor de ensuciamiento	1,00
Incremento de paso de sales/año, %	7,0

Especificación del Sistema	
Tipo de elemento	SWC6-LD
Elementos / tubo de presión	6
N ° de tubos de presión	20
Etapas Paso1	1
<input type="button" value="Recalcular arranq"/>	

Figura A1. 11 Datos de diseño para el cálculo de las membranas Hydranautics. IMS Desing 2015

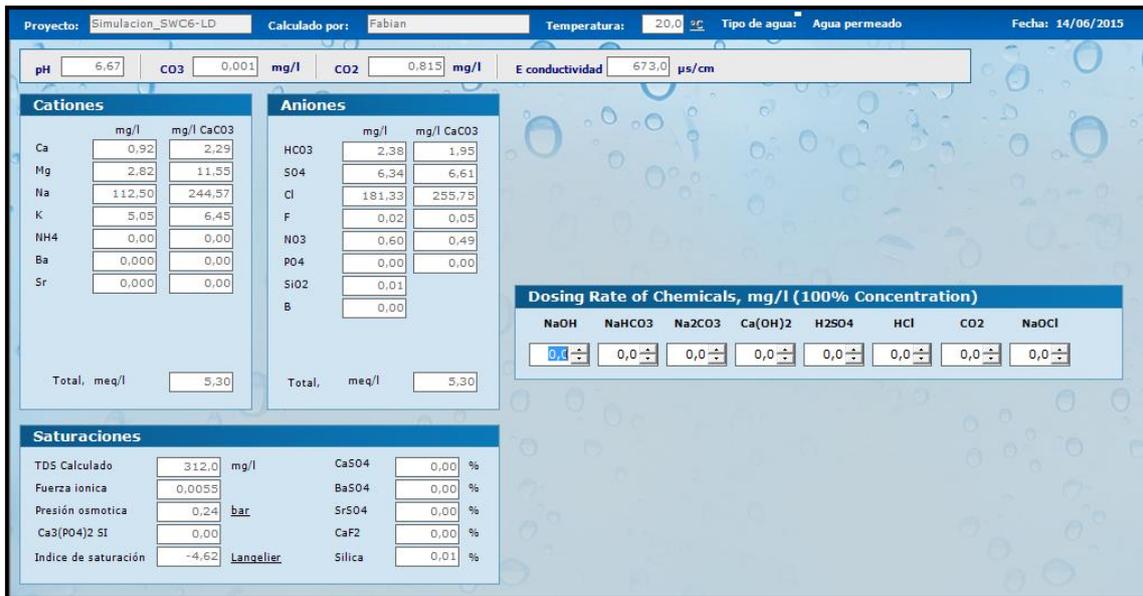
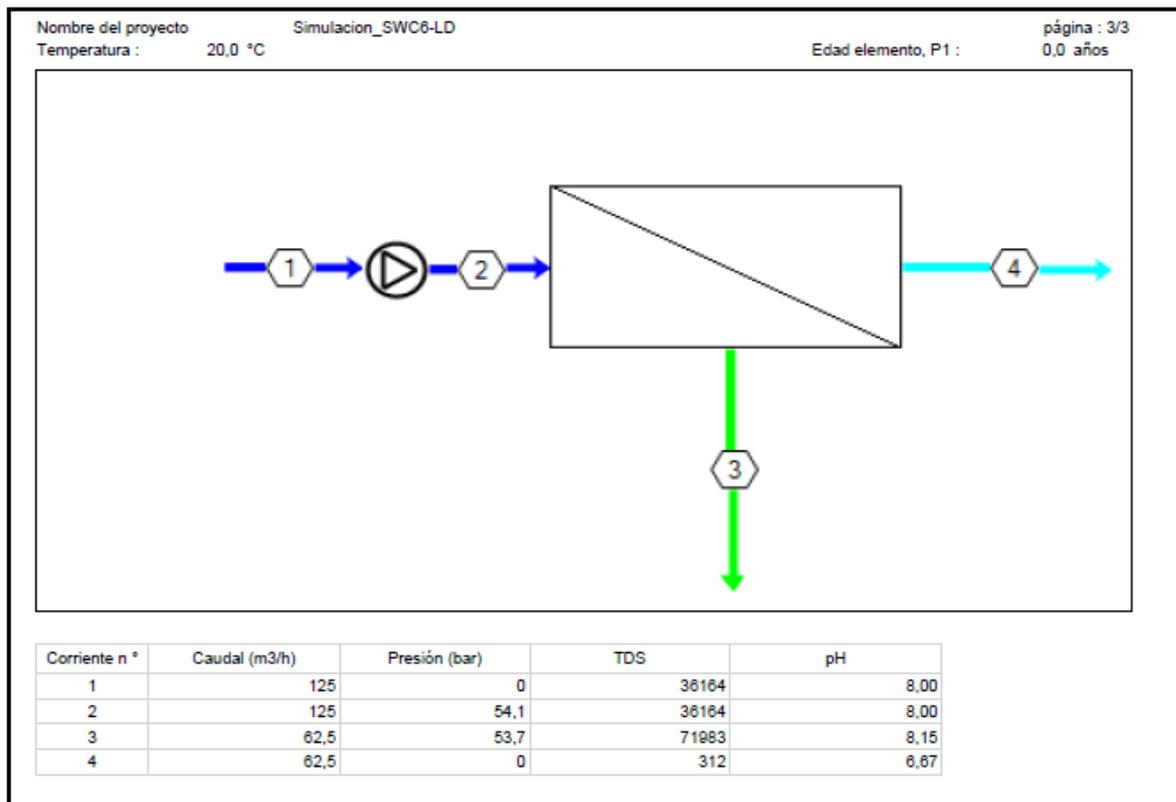


Figura A1. 12 Resultados del agua producto. IMS Desing 2015

5.2. Resultados de la simulación en IMS Desing 2015

La ficha de resultados aportada por el programa informático IMS Desing 2015 se muestra a continuación:



Diseño Básico														
Nombre del proyecto		Simulacion_SWC6-LD								página : 1/3				
Calculado por		Fabian								Caudal de permeado				1500,0 m3/d
Caudal bomba alta presión		124,99 m3/h								Caudal agua bruta				3000,0 m3/d
Presión de alimentación		54,1 bar								Conversión				49,98 %
Temperatura de alimentación		20,0 °C(68,0°F)								Edad elemento				0,0 años
pH agua alimentación		8,00								Disminución de flujo %, por año				
Dosis químico,mg/l, -		H2SO4								Factor de ensuciamiento				5,0
Energía específica		3,93 kwh/m3								Aumento de SP, per año				1,00 %
NDP paso		15,9 bar												7,0 %
Flujo promedio		14,0 l/mh												
										Tipo de alimentación				Mar Pozo Convencional
Paso -	Perm.	Caudal / Tubo		Flujo	DP	Flujo	Beta	Presión por etapas			Perm.	Elemento	Elemento	PV# x
Etapa	Caudal	Alimentación	Conc			Max		Perm.	Boost	Conc	TDS	Tipo	Cantidad	Elem #
	m3/h	m3/h	m3/h	l/mh	bar	l/mh		bar	bar	bar	mg/l			
1-1	62,0	6,0	3,0	14,0	0,0	34,0	1,00	0,0	0,0	53,0	311,0	SWC6-LD	120	20 x 6
Ion (mg/l)				Agua bruta	Agua de alimentación	Permeado agua	Rechazo 1							
Dureza, como CaCO3				6533,32	6533,32	13,844	13046,7							
Ca				433,00	433,00	0,918	864,7							
Mg				1330,00	1330,00	2,818	2655,9							
Na				11086,00	11086,00	112,503	22049,3							
K				398,00	398,00	5,045	790,6							
NH4				0,00	0,00	0,000	0,0							
Ba				0,000	0,000	0,000	0,0							
Sr				0,000	0,000	0,000	0,0							
CO3				13,17	13,17	0,001	66,0							
HCO3				146,00	146,00	2,383	249,2							
SO4				2787,00	2787,00	6,342	5565,1							
Cl				19960,00	19960,00	181,330	39720,3							
F				1,00	1,00	0,018	2,0							
NO3				9,00	9,00	0,603	17,4							
PO4				0,00	0,00	0,000	0,0							
SiO2				1,00	1,00	0,007	2,0							
B				0,00	0,00	0,000	0,0							
CO2				0,82	0,82	0,82	0,82							
TDS				36164,17	36164,24	311,97	71982,64							
pH				8,00	8,00	6,67	8,15							
Saturaciones				Agua bruta	Agua de alimentación	Rechazo	Limites							
CaSO4 / ksp * 100, %				23	23	55	400							
SrSO4 / ksp * 100, %				0	0	0	1200							
BaSO4 / ksp * 100, %				0	0	0	10000							
Saturación de SiO2, %				1	1	1	140							
CaF2 / ksp * 100, %				0	0	5	1000							
Indice de saturación Ca3 (PO4) 2				0,0	0,0	0,0	1,0							
Fuerza iónica				0,72	0,72	1,43								
Presión osmótica, bar				26,0	26,0	51,7								

El programa nos da como resultados los siguientes parámetros de diseño en función de los requerimientos de nuestro proceso de desalación:

Conversión	50 %
Número de etapas	1
Número de pasos	1
Caudal de permeado	1.500 m3/día

Conductividad del permeado	673 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Caudal de alimentación	3.000 m ³ /día
Presión de alimentación	54,1 bar
Caudal de rechazo	1.500 m ³ /día
Presión de rechazo	53,7 bar
Tubos de presión (6 membranas)	20
Número de membranas	120
Modelo de membrana	SWC6-LD

Tabla A1. 4 Características del bastidor de ósmosis inversa

Se colocará un bastidor con estructura metálica para el proceso de ósmosis inversa con 20 tubos de presión de 8" del fabricante CODELINE, modelo 80H100, los cuales pueden soportar una presión de trabajo de 68 bar. Cada tubo de presión contendrá 6 membranas SWC6-LD de bajo ensuciamiento del fabricante HYDRANAUTICS, indicadas para desalación de agua de mar. Estas membranas son de poliamida aromática y tienen una configuración de arrollamiento en espiral.

Las fichas técnicas de los tubos de presión y de las membranas se encuentran en el Anexo VIII sobre fichas de los equipos.

La Figura A1.13 muestra un bastidor de ósmosis inversa similar al que se instalará.



Figura A1. 13 Bastidor de ósmosis inversa

Fuente: Medina San Juan, José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa

ANEXO II. SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

1. Introducción

La corriente de rechazo que sale del proceso de ósmosis inversa abandonando el bastidor de membranas posee prácticamente la misma presión que la corriente de alimentación.

La energía retenida en ese caudal es muy importante en plantas desaladoras de agua de mar, donde las presiones de trabajo son muy altas, y la salmuera o rechazo resultante retiene mucha energía asociada a la presión. Por tanto, la recuperación de forma óptima de esa energía es del máximo interés para reducir los costes de operación y abaratar el precio del agua producto.

Los procesos más comunes de recuperación de energía son las turbinas Pelton y los intercambiadores de presión. A continuación se detalla cada uno de estos procesos.

2. Turbinas pelton

Este es el sistema más empleado hasta tiempos recientes y consiste en turbinar la salmuera a través de una turbina acoplada mecánicamente a la bomba de alta presión, de forma que ayude al trabajo del motor que acciona esta bomba, mejorando el rendimiento energético del conjunto.

Este tipo de turbina de impulsión utiliza una rueda giratoria para convertir la energía potencial de un líquido a presión en energía cinética, en forma de un chorro de líquido a gran velocidad.

Una boquilla dirige el chorro de líquido a presión tangencialmente a una rueda con álabes de la turbina, la cual transforma la energía cinética del chorro en energía en energía mecánica rotativa, y descarga el líquido a la presión atmosférica en un nivel más bajo como se observa en la Figura A2.1.

Las turbinas Pelton se regulan variando el diámetro del chorro, lo que se realiza por medio de una aguja que abre o cierra la apertura de la boquilla.

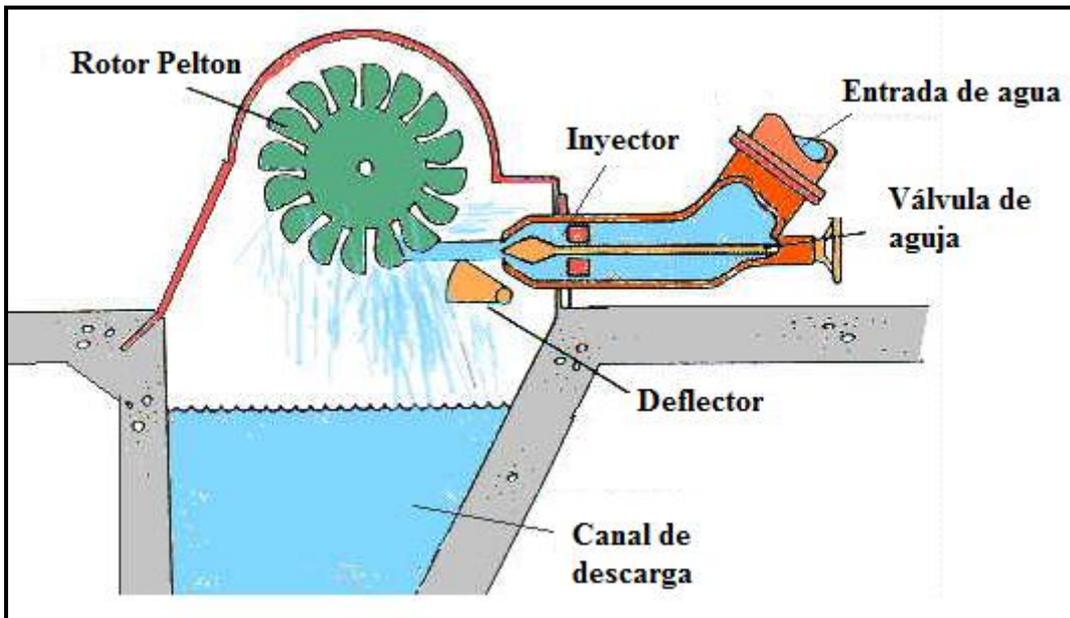


Figura A2. 1 Esquema Turbina Pelton

Fuente: Universidad Presbiteriana Mackenzie, Turbinas

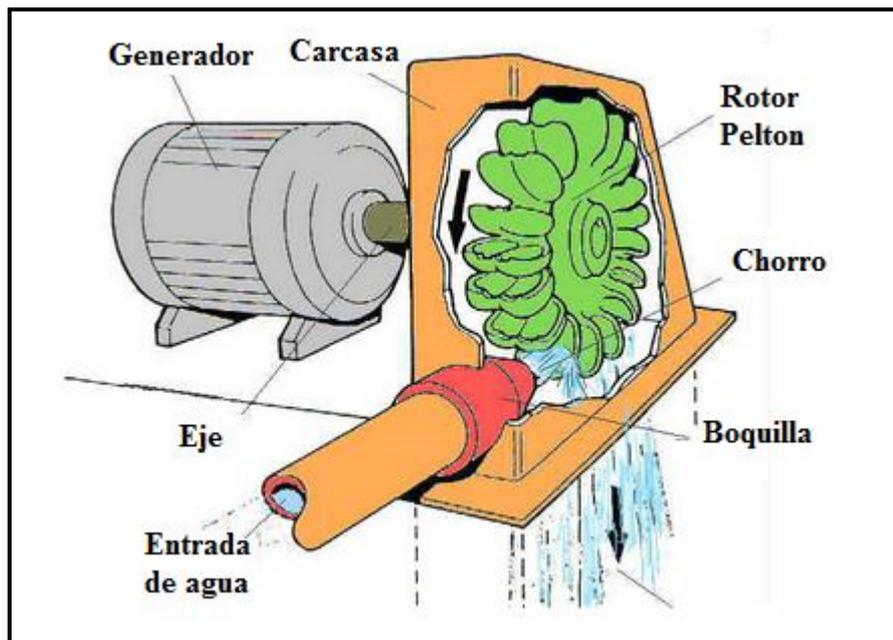


Figura A2. 2 Corte Turbina Pelton

Fuente: Universidad Presbiteriana Mackenzie, Turbinas

3. Intercambiadores de presión

Este mecanismo se basa en un principio que consiste en transmitir la presión de un líquido a otro en el seno de una cámara. En nuestro caso de la desalación por ósmosis inversa, la salmuera transmite la energía asociada a la presión a parte del caudal de alimentación. Estos sistemas se llaman también sistemas isobáricos, dado que la presión de ambos líquidos es prácticamente la misma.

En el circuito de recuperación de energía se originan una serie de pequeñas pérdidas de presión debido a:

- Pérdida de carga en las tuberías.
- Pérdida de carga a lo largo de las membranas.
- Pérdidas de carga en el recuperador de energía.

Todas estas pérdidas generalmente suman entre 2 y 3 bares. Luego, para poder introducir el caudal de agua de alimentación procedente del recuperador en la tubería de alimentación al bastidor de membranas se necesita incrementar la presión entre 2 y 3 bares. Esto se realiza mediante una bomba booster. Una característica de gran importancia en la elección de la bomba es que sea capaz de resistir la alta presión, generalmente alrededor de 55 bares, que existe en la succión.

Dentro de los modelos de intercambiadores de presión nos centraremos en el de cámaras rotativas. Las cámaras van incorporadas en un rotor, que gira dentro de una carcasa. El sistema posee cuatro conducciones, dos para el agua de alimentación y dos para el rechazo o salmuera, a través de las cuales se llenan y vacían las cámaras con agua de alimentación o salmuera, tanto en la fase de alta presión como en la de baja. La rotación del rotor la realiza la misma agua, por lo que no se necesita ninguna válvula ni motor para que funcione.

El ciclo de operación de este tipo de intercambiadores de presión es el siguiente:

1. El agua de alimentación a baja presión llena la cámara del rotor, desplazando la salmuera.
2. La cámara del rotor sella y gira a la posición de entrada de salmuera el agua de alimentación a baja presión que contiene.

3. La salmuera a alta presión presuriza y desplaza el agua de alimentación.
4. La cámara del rotor sella y gira a la posición de entrada de agua de alimentación la salmuera a alta presión que contiene.

Utilizando este sistema, la bomba de alta presión tendrá que bombear el mismo caudal de alimentación que de agua producto, con la consiguiente reducción de consumo energético. Dado que la conversión de nuestro sistema es del 50%, la bomba de alta presión bombeará la mitad del agua de alimentación.



Figura A2. 3 Intercambiador de presión, modelo PX

Fuente: Energy Recovery Systems, ERI

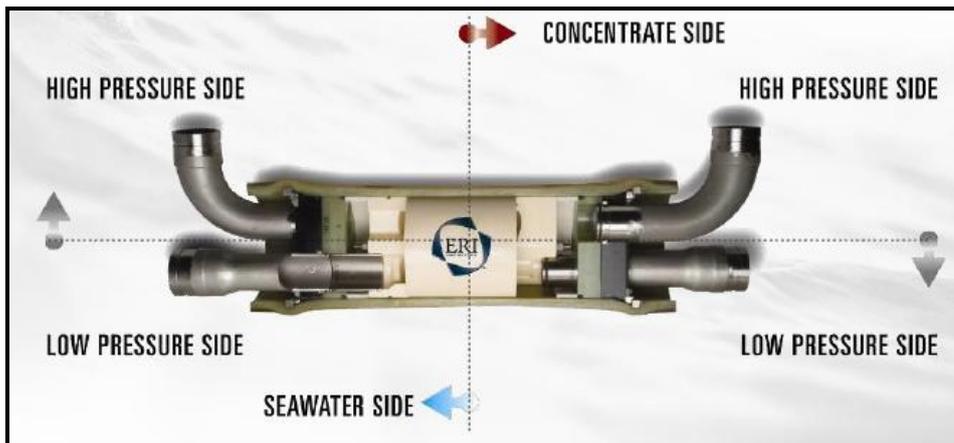


Figura A2. 4 Vista interior Intercambiador de presión PX

Fuente: Energy Recovery Systems, ERI

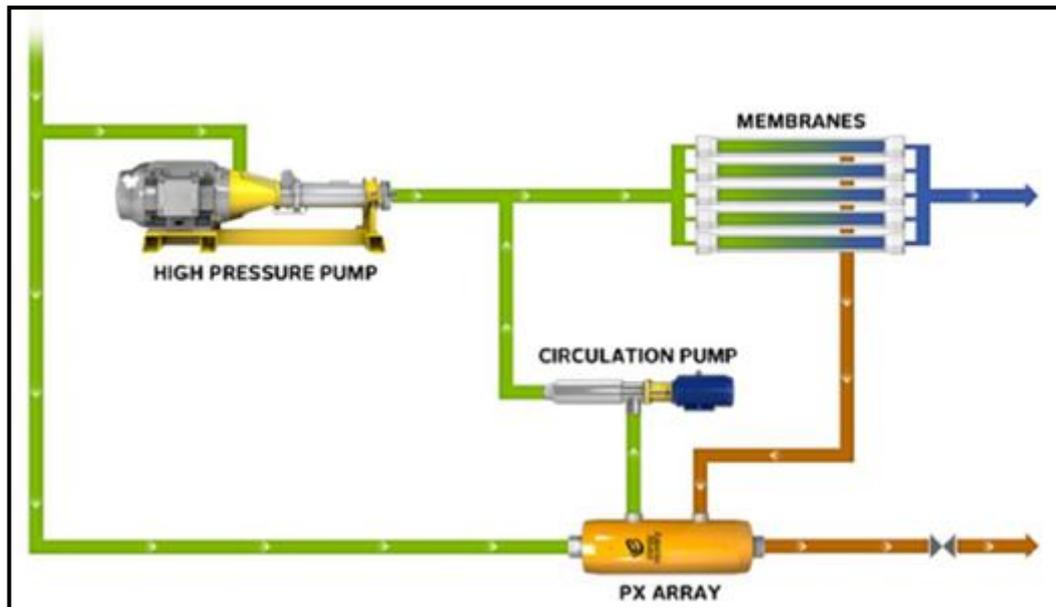


Figura A2. 5 Diagrama Sistema de recuperación de energía por cámaras isobáricas

Fuente: Energy Recovery Systems, ERI

4. Comparación entre ambos sistemas

Teniendo en cuenta lo expuesto en los epígrafes anteriores, la primera diferencia que nos encontramos entre los sistemas isobáricos y los de turbina es el tamaño de la bomba de alta presión. Mientras en los primeros la capacidad de la bomba de alta presión es prácticamente igual al caudal producto, en los sistemas de turbina la bomba de alta presión deberá bombear el total del caudal de alimentación.

Por otra parte, el intercambiador de presión no suele tener muchas partes móviles, lo que supone un menor mantenimiento y una fácil utilización.

Como resultado de la comparación entre ambos sistemas, se concluye que los intercambiadores de presión suponen un ahorro energético frente a la turbina Pelton, lo que conlleva a un ahorro económico, obteniendo un agua producto más barata.

A continuación, mostramos una tabla donde se plasma el ahorro económico de los intercambiadores de presión con cámaras rotativas frente a la turbina Pelton.

Producción (m3/d):	1.500
Producción (m3/h):	125
Conversión:	50%
Caudal bypass a ERI (m3/h):	125
Tipo de fluido:	Agua de mar
Horas/día:	12

AHORRO ENERGÉTICO DE LA UTILIZACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE PRESIÓN CON CÁMARAS ROTATIVAS (ERI) FRENTE A TURBINA PELTON

RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR ERI						
Tipo de bomba	Caudal (m3/d)	Caudal (m3/h)	Altura (m)	Rendimiento	Potencia(kW)	Cons. Especifico (kWh/m3)
Captación	3.000	250	148	0,8	129,43	1,04
Alta presión	1.500	125	522	0,7	260,87	2,09
Booster	1.500	125	16	0,75	7,46	0,06
Impulsión agua producto	750	62,5	242	0,76	55,70	0,89

RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR ERI						
Tipo de bomba	Caudal (m3/d)	Caudal (m3/h)	Altura (m)	Rendimiento	Potencia(kW)	Cons. Especifico (kWh/m3)
Captación	3.000	250	148	0,8	129,43	1,04
Alta presión	3.000	250	522	0,7	521,73	4,17
Turbina Pelton	1.500	125	16	0,75	-7,46	-0,06
Impulsión agua producto	750	62,5	242	0,76	55,70	0,89

EVALUACIÓN ECONÓMICA						
Sistema recup.	Potencia(kW)	C. esp (kWh/m3)	Días anuales	kWh anuales	Precio kWh (€)	Coste anual (€)
ERI	453,46	4,07	365	1.986.152,41	0,0492	97.718,70
Turbina Pelton	699,40	6,04	365	3.063.375,90	0,0492	150.718,09
AHORRO (€):						52.999,40

Como vemos en la tabla anterior, la utilización de las cámaras isobáricas con respecto a la turbina Pelton supone un ahorro anual aproximado de cincuenta y dos mil novecientos noventa y nueve euros con cuarenta céntimos (52.999,4 €).

5. Elección del sistema de recuperación de energía

En la planta desaladora objeto del presente proyecto, el sistema de recuperación de energía elegido será mediante intercambiadores de presión con cámaras rotativas debido al ahorro económico y las ventajas que posee. Serán suministrados por el fabricante ERI. El modelo seleccionado, teniendo en cuenta el caudal de salmuera a tratar, es el PX-260. Se instalarán 3 unidades en paralelo para abarcar un caudal de salmuera de 125 m³/h, además de una bomba booster del fabricante KSB itur. En la Tabla A2.1 se muestran las características más destacables de los intercambiadores de presión.

INTERCAMBIADOR DE PRESIÓN ERI, MODELO PX-260	
Caudal (m³/h)	40,9-59,1
Eficiencia (%)	96,8
Presión (bar)	21-82
Temperatura (°C)	50

Tabla A2. 1 Características del intercambiador de presión ERI

Fuente: Energy Recovery Systems

La ficha técnica del intercambiador de presión PX-260 se encuentra en el Anexo VIII sobre fichas y catálogos de equipos.

A continuación se muestra un sistema de recuperación de energía similar al que se instalará en la planta.



Figura A2. 6 Instalación Intercambiadores de presión PX

Fuente: Energy Recovery Systems, ERI

ANEXO III. PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR

1. Introducción

El agua que se va a desalar contiene componentes orgánicos e inorgánicos que deben ser controlados dentro de unos determinados límites, para que pueda aplicarse a las membranas sin que se produzca el deterioro de las mismas.

El agua de alimentación a la planta debe acondicionarse mediante una serie de tratamientos:

- Físicos, destinados a eliminar los elementos sólidos, algas y materia orgánica.
- Químicos, para evitar ataques a la membranas o precipitados de sales.

2. Pretratamiento físico

Los componentes físicos en suspensión del agua son desde arenas, algas hasta partículas coloidales. Todos estos elementos deben eliminarse o controlarse dentro de unos límites en la instalación para no producir daños en las membranas.

En general, la eliminación de partículas no coloidales se resuelve mediante el uso de filtros formados por una o más capas de material filtrante.

Para retener las partículas coloidales es necesaria una filtración de afino, lo cual se consigue con filtros de cartucho con un tamaño de paso de unas pocas micras.

En muchos casos, el pretratamiento físico debe mejorarse con la aplicación de técnicas como puede ser la coagulación.

2.1. Filtración grosera

Se realiza con filtros que contienen una o más capas de material filtrante. Uno de los tipos más utilizados son los filtros de arena, en los cuales el agua se introduce por la parte superior y va descendiendo a través de las distintas capas, llegando a la parte inferior donde es recogida.

Otro tipo de filtración que se está utilizando con mayor frecuencia es mediante mallas o pantallas filtrantes. Estos filtros presentan una clara ventaja frente a los de arena, son autolimpiantes, lo que suprime todo el sistema hidráulico de lavado que utilizan los filtros de arena, reduciendo el consumo energético de la instalación.

Estos filtros evitan que parte de la contaminación existente en el agua pase al sistema, lo cual sucede en ocasiones con filtros de arena.

Debido a que los filtros de malla autolimpiantes evitan la pérdida de tiempo, dado que se limpian de forma automática sin interrumpir el flujo filtrado y, por tanto, se evita detener el proceso productivo o colocar dos filtros para que uno trabaje mientras el otro se limpia, estos serán los filtros elegidos.

Se instalarán dos filtros de malla autolimpiantes, uno de reserva, los cuales serán suministrados por el fabricante Sistema AZUD, S.A. Teniendo en cuenta el caudal de alimentación que se debe filtrar escogeremos el modelo AZUD LUXON LFH 9600/8 con un tamaño de poro de malla de 125 micras. El elemento filtrante está fabricado en acero inoxidable AISI-316-L y su estructura de PVC.



Figura A3. 1 Filtro de malla autolimpiante Azud Luxon LFH

Fuente: Sistema AZUD S.A.

Las características principales de este modelo de filtro se muestran en la siguiente tabla:

MODELO	FILTRACIÓN		CICLO DE LAVADO		
	Superficie (cm ²)	Caudal (m ³ /h)	Caudal (L/s)	Tiempo (s)	Volumen (L)
Azud Luxon LFH 9600/8	9.600	300	5,3	30	160

Tabla A3. 1 Características del filtro de malla automático LUXON LFH

Fuente: Sistema AZUD S.A.

El funcionamiento de estos filtros es el siguiente:

1. El agua ingresa al sistema y pasa por un prefiltro. Lo atraviesa y pasa al interior del filtro.
2. El agua pasa a través de la malla, de manera que las partículas quedan retenidas en la cara interna del elemento filtrante.
3. El agua ya filtrada continúa su trayectoria hasta el colector de salida.
4. Cuando se produce un incremento del diferencial de presión se inicia el ciclo de limpieza. Se abre la válvula hidráulica situada en la salida del drenaje, lo que crea una succión en el extremo de las boquillas interiores del filtro. Éstas, sujetas a un movimiento helicoidal a lo largo de la malla, aspiran las partículas filtradas. La suciedad se expulsa por el drenaje, el cual evacúa en el pozo de salmuera por una línea de 2" de PRFV.
5. El tiempo de duración del proceso de limpieza está preestablecido por el controlador. Cuando se cumple, la válvula de lavado se cierra y finaliza el proceso de limpieza, con un gasto mínimo de agua.

La pérdida de carga de estos filtros se obtiene a través de una gráfica que aporta el fabricante:

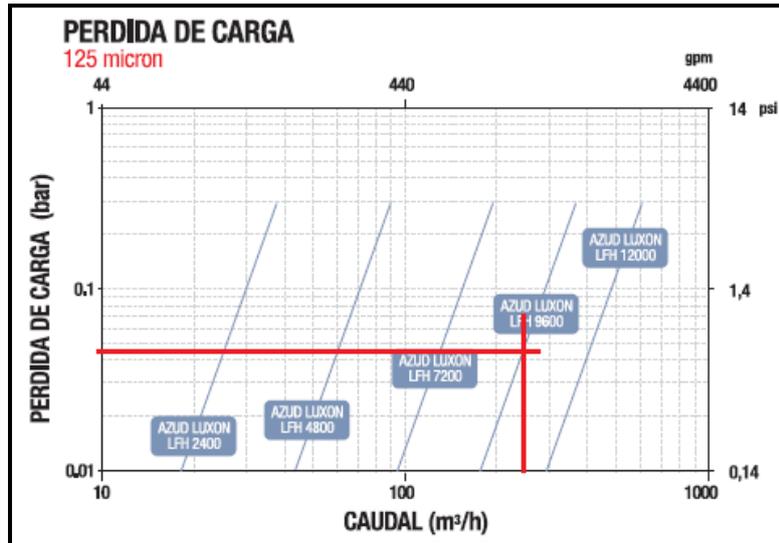


Figura A3. 2 Diagrama de pérdida de carga frente al caudal, Filtros de malla AZUD LUXON LFH

Fuente: Sistema AZUD S.A.

Se obtiene una pérdida de carga de 0,045 bares por filtro de malla automático de 125 μm .

La ficha técnica de este filtro se puede consultar en el Anexo VIII sobre fichas técnicas de los equipos.

2.2. Filtración de afino

El segundo de los pretratamientos físicos es la filtración de afino o filtración por cartuchos. El cometido de esta filtración es proteger a las membranas de partículas en suspensión. Los fabricantes de membranas establecen el tamaño máximo de partícula en 5 micras. A medida que se retienen partículas en los cartuchos se incrementan las pérdidas de carga, por lo que cuando se alcanza un valor determinado se produce su sustitución.

Los tipos de filtros de cartuchos más utilizados son los bobinados o los plegados, aunque cada vez se usan más los últimos. Las principales ventajas de los filtros de cartucho plegados frente a los bobinados son:

- Poseen una mayor superficie filtrante.
- Es necesario un menor número de filtros para filtrar un mismo caudal de alimentación, ya que tienen mayor caudal de filtrado.

- Frecuencia de ensuciamiento menor, lo que conlleva un mayor tiempo de funcionamiento y menor recambio de cartuchos.

Por todas estas ventajas, las cuales se traducen en ahorro económico, colocaremos en la instalación filtros de cartucho plegados de polipropileno, un material resistente a la corrosión.

Tanto los filtros como el portafiltros serán del fabricante HARMSCO. Los cartuchos elegidos son de polipropileno plegado, modelo PP-40-5-226, los cuales tienen una longitud de 40” (1.000mm) y un grado de micraje absoluto de 5 micras, con un 99,98% de eficiencia (Beta 5000). El portafiltros escogido es el Multi-Cartucho, modelo HMC-51-FL, en el cual se pueden colocar hasta 51 cartuchos de 40” de longitud, y tiene una capacidad máxima de filtración de 318 m³/h.

El caudal de alimentación a tratar por los filtros es de 250 m³/h. Asumiendo caudales normales de operación de 1,25 m³/h por cartucho elemental de 250 mm, para unidades de 1.000 mm tendremos que el caudal de operación es de 5 m³/h. A continuación se determina el número de filtros de cartuchos necesario:

$$N_{\text{cartuchos}} = \frac{Q_{\text{alimentación}}}{Q_{\text{cartucho}}} = \frac{250}{5} = 50 \text{ cartuchos}$$

Donde:

$N_{\text{cartuchos}}$ = número de cartuchos de 40” necesarios para tratar el caudal de alimentación.

$Q_{\text{alimentación}}$ = caudal de alimentación (m³/h).

Q_{cartucho} = caudal por cartucho de 40” (m³/h).

La pérdida de carga de estos filtros se obtiene a través de una gráfica que aporta el fabricante:

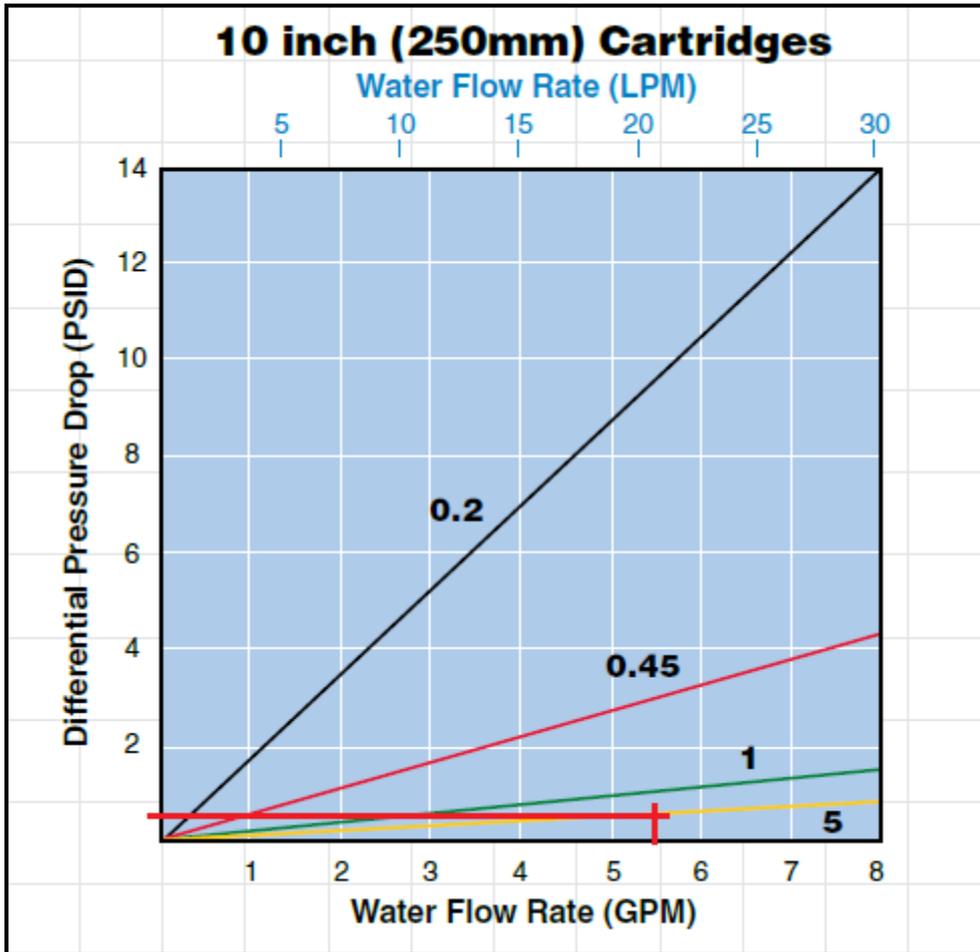


Figura A3. 3 Gráfica de pérdida de carga frente a caudal, Filtros de cartucho de polipropileno plegados

Fuente: HARMSCO

Para 1,25 m³/h (5,45 gpm) y 5 micras se obtiene una pérdida de carga de 0,6 psi por cada 10” de cartucho, tal como se muestra en la Figura A3.3. Los cartuchos son de 40” por lo que la pérdida de carga total será de 2,4 psi = 0,17 bares.

Estos filtros de cartucho deberán reemplazarse cuando se produzca una pérdida de carga de 1,5 bares.

Las fichas técnicas de los portafiltros y de los filtros de cartucho se pueden consultar en el Anexo VIII sobre fichas técnicas de equipos.



Figura A3. 4 Portafiltro y filtros de cartucho de polipropileno plegados

Fuente: HARMSCO

Las características principales del portafiltros y de los cartuchos de polipropileno plegados se muestran en las Tablas A3.2 y A3.3:

Modelo	Caudal máximo (m3/h)	Número de filtros de 40"	Presión máxima (bar)	Material
HMC-51-FL	318	51	10,3	Ac. Inox 304

Tabla A3. 2 Características de los portafiltros multi-cartuchos HMC

Fuente: HARMSCO

Modelo	Caudal (m ³ /h)	Grado de micraje absoluto (µm)	Longitud (pulg/mm)	Material
PP-40-5-226	0,5-1,5	5	40/1.000	Polipropileno

Tabla A3. 3 Características de los filtros de cartuchos de polipropileno plegados HARMSCO PP

Fuente: HARMSCO

3. Pretratamiento químico

La finalidad del tratamiento químico en las plantas de desalación es eliminar o reducir al máximo posible el riesgo de atascamiento de las membranas por acumulación de sustancias físico-químicas y microorganismos sobre su superficie, y, además, evitar el deterioro prematuro de los equipos, alargando su vida útil. El diseño del pretratamiento químico es fundamental en una desaladora, ya que condiciona los costes de mantenimiento y operación de la planta.

Para los procesos de membranas, los objetivos del pretratamiento químico son los siguientes:

- Eliminar los sólidos en suspensión.
- Evitar la precipitación de óxidos metálicos.
- Evitar la precipitación de sales minerales.
- Reducir el contenido de materia orgánica del agua.
- Eliminar o reducir la actividad biológica del agua de entrada.

3.1. Cálculo del pretratamiento químico

El tratamiento químico se diseña teniendo en cuenta la procedencia y composición del agua de entrada a la planta, es por ello que calcularemos el índice de Stiff and Davis, para ver las características del agua de mar y las posibles consecuencias que se darán en el sistema de ósmosis inversa:

1. Obtener el factor de paso a ppm de CaCO₃ de los distintos iones:

$$\text{Factor paso} = \frac{\frac{PM_{CaCO_3}}{Z_{CaCO_3}}}{\frac{PM_i}{Z_i}}$$

2. Obtener los ppm de CaCO₃ de los iones de la alimentación y del concentrado:

$$\text{ppm CaCO}_3 \text{ i} = \text{ppm i} * \text{Factor paso}$$

3. Obtener la concentración en mol/L de los iones de la salmuera:

$$C. \text{iones}_c = \frac{\frac{\text{ppm } i_c}{PM_{i_c}}}{1.000}$$

4. Obtener la fuerza iónica de la corriente de concentrado:

$$I_c = \frac{1}{2} \sum z_i^2 * C. \text{iones}_c$$

5. Cálculo del pCa y cálculo del pAlk.

$$pCa = -\log([Ca^{2+}])$$

$$pAlk = -\log(HCO_3^-)$$

6. Obtener el valor de la constante K, función de la fuerza iónica y de la temperatura, a partir de la Figura A3.5:

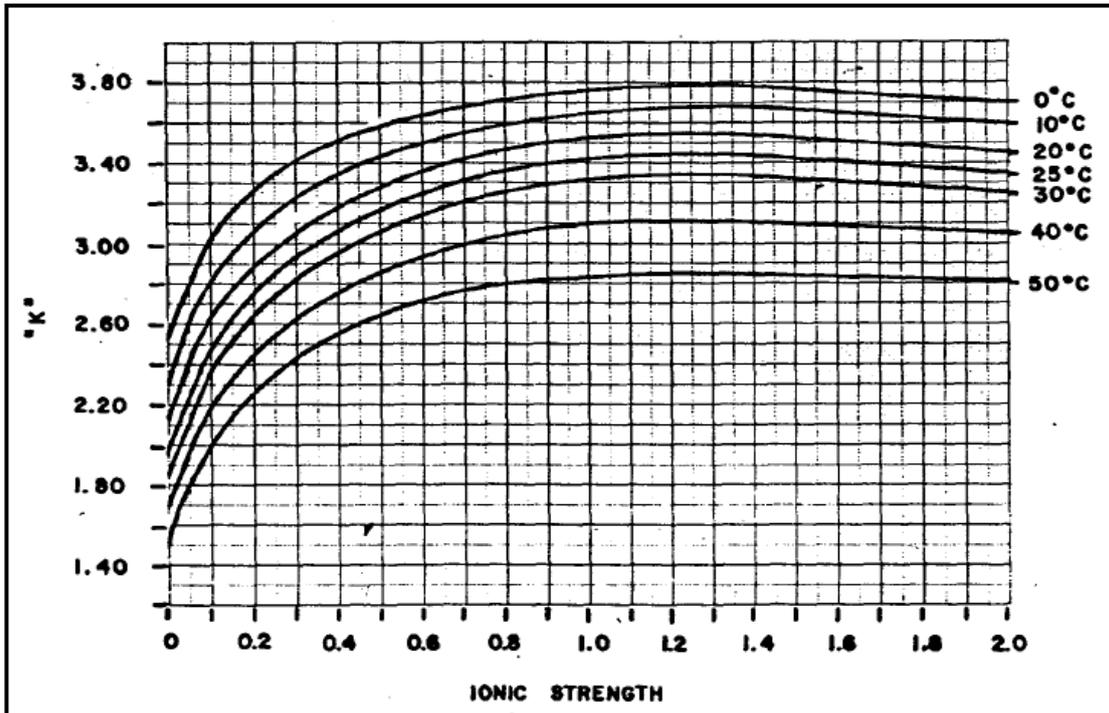


Figura A3. 5 Constante K frente a la fuerza iónica

Fuente: Norma ASTM D 4582-86

7. Calcular el pH en el cual el flujo de concentrado está saturado con CaCO₃ (pHs) mediante:

$$pH_s = pCa + pAlk + K$$

8. Calcular el contenido en CO₂ del concentrado asumiendo que es igual al contenido de CO₂ en la corriente de alimentación. La concentración de CO₂ en la alimentación (mg/L CO₂) se obtiene como función de la alcalinidad (mg/L CaCO₃) y pH del agua de alimentación, de acuerdo con la Figura A3.6:

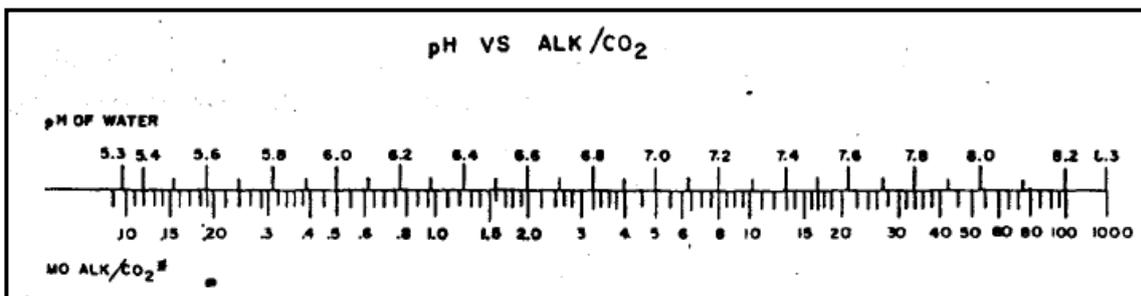


Figura A3. 6 pH frente al ratio alcalinidad/CO₂

Fuente: Norma ASTM 4582-86

$$CO_{2c} = CO_{2f}$$

9. Calcular el pHc del concentrado a partir del ratio Alkc/CO_{2c} y la Figura A3.6.

10. Calcular del índice Stiff & Davis (S&DSI) por la fórmula siguiente:

$$S\&DSI = pHc - pHs$$

11. Interpretar el índice de Stiff and Davis:

Valor del S&DSI	Conclusión
< 0	El agua no está saturada de CaCO ₃ y la formación de incrustaciones e improbable
= 0	El agua está saturada de CaCO ₃
> 0	El agua está sobresaturada de CaCO ₃ y la formación de incrustaciones es probable

Tabla A3. 4 Interpretación del Índice de Langelier

Fuente: Patton, Charles. Applied Water Technology

A continuación se muestra una tabla que recoge el cálculo del índice de Stiff and Davis mediante el procedimiento de cálculo citado anteriormente:

Caudal de alimentación(f)	250 m3/h
Caudal de concentrado(c)	125 m3/h
Conversión	50%
Factor de concentración (CF)	2
Peso molecular CaCO3	100
Valencia del CaCO3	2

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE STIFF & DAVIS

Cationes	ppm ALIMEN.	ppm CONCENT.	PM(g/mol)	Zi	Factor de paso (ppm a ppm CaCO3)	ppm CaCO3	ppm CaCO3	Concentración	Zi^2	Fuerza iónica
						ALIMENT.	CONCENT.	(mol/l)		
K+	398	790,60	39	1	1,28	510,26	1013,59	0,020	1	0,010
Na+	10680	22049,30	23	1	2,17	23217,39	47933,26	0,959	1	0,479
Mg+2	1330	2655,90	24,3	2	4,12	5473,25	10929,63	0,109	4	0,219
Ca+2	433	864,70	40	2	2,50	1082,50	2161,75	0,022	4	0,043
Sr+2	0	0,00	87,6	2	1,14	0,00	0,00	0,000	4	0,000
Ba+2	0	0,00	137,6	2	0,73	0,00	0,00	0,000	4	0,000
Fe+2	0	0,00	55,8	2	1,79	0,00	0,00	0,000	4	0,000
NH+4	0	0,00	18	1	2,78	0,00	0,00	0,000	1	0,000
TOTAL										0,751

Aniones	ppm ALIMEN.	ppm CONCENT.	PM	Zi2	Factor de paso (ppm a ppm CaCO3)	ppm CaCO3	ppm CaCO3	Concentración	Zi^2	Fuerza iónica
						ALIMENT.	CONCENT.	(mol/l)		
HCO3-	146	249,20	61	1	0,82	119,67	204,26	0,004	1	0,002
NO3-	9	17,40	62	1	0,81	7,26	14,03	0,000	1	0,000
Cl-	19960	39720,30	35,5	1	1,41	28112,68	55944,08	1,119	1	0,559
F-	1	2,00	17	1	2,94	2,94	5,88	0,000	1	0,000
SO4-2	2787	5565,10	96	2	1,04	2903,13	5796,98	0,058	4	0,116
Br-	0	0,00	80	1	0,63	0,00	0,00	0,000	1	0,000
CO3-2	13,17	66,00	60	2	1,67	21,95	110,00	0,001	4	0,002
SO3-	0	0,00	80	1	0,63	0,00	0,00	0,000	1	0,000
NO2-	0	0,00	46	1	1,09	0,00	0,00	0,000	1	0,000
TOTAL										0,680

Fuerza iónica (Ic)	1,43
pCa	1,67
pHCO3-	2,39
K (20°C)	3,55

(grafica A3.5 K vs F.ionica y T)

$pH_s = pCa + pHCO_3 + K$	7,60
---------------------------	------

pHf=	8
Alkf/CO2f=	53
CO2f=CO2c=	2,26

(grafica A3.6 pH vs Alk/CO2)

$S\&DSI = pH_c - pH_s$	0,57
------------------------	------

Alkc/CO2c=	90,46
pHc=	8,17

(grafica A3.6 pH vs Alk/CO2)

$pH_c =$	8,17
----------	------

3.2. Conclusiones y dosificación de aditivos químicos

Como se observa en los resultados, el índice de S&DSI da positivo, por lo que el agua de mar de alimentación, por sus características salinas y su pH necesita un pretratamiento químico para evitar incrustaciones y precipitaciones de sales en las membranas de ósmosis inversa.

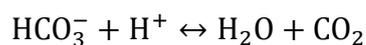
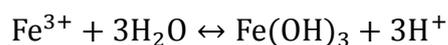
En vista de estos resultados, se adicionará cloruro férrico (FeCl₃) como coagulante, ácido sulfúrico (H₂SO₄) como reductor de pH, hipoclorito de sodio (NaClO) como desinfectante, bisulfito sódico (NaHSO₃) como reductor de óxidos y un inhibidor de incrustaciones GENESOL LS. Las fichas de los productos químicos se pueden consultar en el Anexo VIII sobre fichas de los equipos y de productos.

3.2.1. Dosificación de coagulante

La coagulación es un proceso que sirve para la eliminación de sustancias coloidales tanto inorgánicas como orgánicas que podrían llegar a atascar las membranas. Consiste básicamente en la adición de cargas positivas a los coloides mediante una sal metálica, que los desestabilicen eléctricamente (neutralicen) y se creen unas fuerzas de atracción mayores a las de repulsión, de forma que se reagrupen y se genere una aglomeración de partículas de fácil separación en las filtraciones posteriores.

El coagulante a utilizar en la planta es el cloruro férrico (FeCl₃), basándose el funcionamiento de este producto en la formación de hidróxido de hierro y la generación de una cierta acidez. El pinchazo de coagulante se realizará antes de los sistemas de filtración, con el objetivo de mejorar su funcionamiento.

Las reacciones que se producen son la siguientes:



Dosificación de cloruro férrico:

- Caudal de alimentación = 250 m³/h
- Dosis = 15 ppm (mg/L)

- Concentración = 0,4 (40 %)
- Densidad disolución = 1,418 kg/L

$$\text{Caudal disolución} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{1.000\text{g}}}{\frac{1,418\text{kg}}{\text{L}} \cdot 0,4} = 6,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ FeCl}_3$$

Depósito para 20 días:

$$\text{Capacidad depósito} = 6,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 20\text{d} = 1.587 \text{ L} = 1,59 \text{ m}^3$$

El depósito será de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 2.000 L de capacidad. Sus dimensiones son 900 mm de diámetro y 3.303 mm de altura.

La bomba dosificadora de cloruro férrico será suministrada por la empresa PROMINENT. Son bombas de dosificación magnética de membrana, resistentes a la corrosión. En la siguiente tabla se muestran las características principales de este tipo de bombas:

Modelo	Nº unidades	Capacidad máxima (L/h)	Presión máxima de descarga (bar)	Material
ALPHA C 0707	1	6,9	7	Polipropileno, cerámica y PTFE

Tabla A3. 5 Características de la bomba de dosificación de FeCl₃

Fuente: PROMINENT

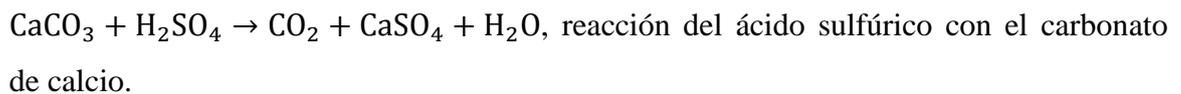
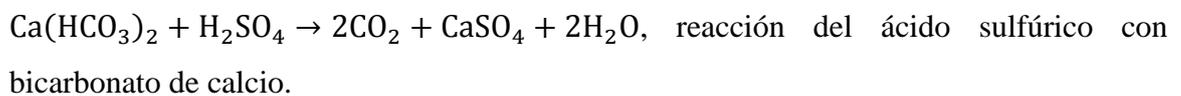
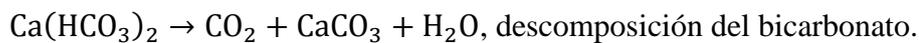
3.2.2. Dosificación de agente regulador del pH

En nuestra instalación de ósmosis inversa, la corrección del pH tiene como principal objetivo reducirlo hasta un valor próximo a 7, y así mejorar la actividad del reactivo de desinfección.

Con esta acidificación del agua también se consigue evitar la precipitación del carbonato cálcico en las membranas, ya que la disminución del pH aumenta la solubilidad de esta sal.

El agente reductor de pH a utilizar en la planta es el ácido sulfúrico (H₂SO₄), encargado de acidificar el agua hasta alcanzar valores de pH adecuados. El pinchazo de este producto se realizará entre los dos procesos de filtración.

Las reacciones que se producen son las siguientes:



La adición de ácido sulfúrico tiene una consecuencia negativa, origina un incremento de ión sulfato, por lo que puede dar lugar a precipitados de sulfato cálcico:



Es por ello que añadiremos un antiincrustante tras los procesos de filtración, además de tener en cuenta el valor del índice de Stiff and Davis.

Dosificación de ácido sulfúrico:

- Caudal de alimentación = 250 m³/h
- Dosis = 20 ppm (mg/L)
- Concentración = 0,98 (98 %)
- Densidad disolución = 1,84 kg/L

$$\text{Caudal disolución} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 20 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{1.000\text{g}}}{\frac{1,84\text{kg}}{\text{L}} \cdot 0,98} = 2,78 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ H}_2\text{SO}_4$$

Depósito para 20 días:

$$\text{Capacidad depósito} = 2,78 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 20\text{d} = \mathbf{667,2\text{ L} = 0,67\text{ m}^3}$$

El depósito será de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 1.000 L de capacidad. Sus dimensiones son 900 mm de diámetro y 1715 mm de altura.

La bomba dosificadora de ácido sulfúrico será suministrada por la empresa PROMINENT. Son bombas de dosificación de membrana magnética, resistentes a la corrosión. En la siguiente tabla se muestran las características principales de este tipo de bomba:

Modelo	Nº unidades	Capacidad máxima (L/h)	Presión máxima de descarga (bar)	Material
ALPHA C 1004	1	3,5	10	Polipropileno, cerámica y PTFE

Tabla A3. 6 Características de la bomba de dosificación de H2SO4

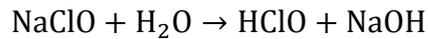
Fuente: PROMINENT

3.2.3. Dosificación de agente desinfectante

Tras la acidificación del agua de mar tendrá lugar la desinfección, la cual tiene como finalidad eliminar o reducir la carga biológica del agua, disminuyendo así los problemas que trae la presencia de microorganismos que pueden generar ensuciamientos en las membranas, y como consecuencia de ello una pérdida de rendimiento de la instalación.

El agente desinfectante a utilizar en la planta es el hipoclorito sódico (NaClO), se trata de un compuesto químico fuertemente oxidante, económico, ampliamente utilizado y de fácil adquisición. El pinchazo de este producto se realizará entre los dos procesos de filtración.

Las reacciones que se producen son las siguientes:



El efecto desinfectante del hipoclorito sódico (NaClO) se logra gracias a la formación del ácido hipocloroso (HClO), por tanto el equilibrio de la segunda reacción debe desplazarse hacia la izquierda. Por esa razón se debe acidificar el agua de mar con ácido sulfúrico (H₂SO₄), como vimos anteriormente, para disminuir el pH, aumentar la concentración de protones (H⁺) desplazando el equilibrio hacia la izquierda y así aumentar la concentración de ácido hipocloroso (HClO), mejorando la desinfección.

En los sistemas de ósmosis inversa cualquier sustancia oxidante deberá ser eliminada antes de que entre en contacto con las membranas, ya que pueden provocar daños en la estructura química de las mismas y afectar a su rendimiento, por lo que siempre que se utilice un tratamiento de desinfección con productos oxidantes, deberán ser eliminados añadiendo un agente reductor.

Dosificación de hipoclorito sódico:

- Caudal de alimentación = 250 m³/h
- Dosis = 5 ppm (mg/L)
- Concentración = 0,13 (13 %)
- Densidad disolución = 1,24 kg/L

$$\text{Caudal disolución} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{1.000\text{g}}}{\frac{1,24 \text{ kg}}{\text{L}} \cdot 0,13} = 7,65 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ NaClO}$$

Depósito para 20 días:

$$\text{Capacidad depósito} = 7,65 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 20\text{d} = 1.836 \text{ L} = 1,84 \text{ m}^3$$

El depósito será de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 2.000 L de capacidad. Sus dimensiones son 900 mm de diámetro y 3.303 mm de altura.

La bomba dosificadora de hipoclorito sódico será suministrada por la empresa PROMINENT. Son bombas de dosificación de membrana magnética, resistentes a la corrosión. En la siguiente tabla se muestran las características principales de este tipo de bomba:

Modelo	Nº unidades	Capacidad máxima (L/h)	Presión máxima de descarga (bar)	Material
ALPHA C 1008	1	7,7	7	Polipropileno, cerámica y PTFE

Tabla A3. 7 Características de la bomba de dosificación de NaClO

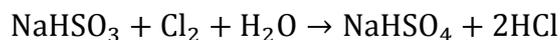
Fuente: PROMINENT

3.2.4. Dosificación de agente reductor

Como se indicó anteriormente, cuando se emplean desinfectantes en el agua en sistemas con membranas de poliamida sensibles a los oxidantes (Cl₂), se debe añadir un agente reductor, para evitar que el agente oxidante alcance las membranas y las dañe.

El agente reductor a utilizar en la planta es el bisulfito sódico (NaHSO₃), cuya principal aplicación es la neutralización del cloro libre. El pinchazo de este producto se realizará tras los procesos de filtración, para dar tiempo a que se produzca una correcta desinfección.

La reacción que se produce es la siguiente:



Dosificación de hipoclorito sódico:

- Caudal de alimentación = 250 m³/h
- Dosis = 10 ppm (mg/L)
- Concentración = 0,34 (34 %)
- Densidad disolución = 1,31 kg/L

$$\text{Caudal disolución} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 10 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{1.000\text{g}}}{\frac{1,31 \text{ kg}}{\text{L}} \cdot 0,34} = 5,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ NaHSO}_3$$

Depósito para 20 días:

$$\text{Capacidad depósito} = 5,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 20\text{d} = 1.347 \text{ L} = 1,35 \text{ m}^3$$

El depósito será de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 2.000 L de capacidad. Sus dimensiones son 900 mm de diámetro y 3.303 mm de altura.

La bomba dosificadora de bisulfito sódico será suministrada por la empresa PROMINENT. Son bombas de dosificación de membrana magnética, resistentes a la corrosión. En la siguiente tabla se muestran las características principales de este tipo de bomba:

Modelo	Nº unidades	Capacidad máxima (L/h)	Presión máxima de descarga (bar)	Material
ALPHA C 0707	1	6,9	7	Polipropileno, cerámica y PTFE

Tabla A3. 8 Características de la bomba dosificadora de NaHSO₃

Fuente: PROMINENT

3.2.5. Dosificación de agente antiincrustante

Los inhibidores de incrustación son productos efectivos en la prevención de incrustaciones, como son las debidas al carbonato cálcico, sulfato cálcico, sulfato de bario, sulfato de estroncio y sílice. Así mismo, son efectivos para evitar la formación y acumulación de óxidos metálicos (hierro y manganeso, fundamentalmente) en la superficie de las membranas.

El inhibidor de incrustaciones a utilizar en la planta es el Genesol LS, comercializado por la empresa GENESYS RO Internacional. Se trata de una solución de ácido fosfónico neutralizado que se utiliza como antiincrustante en agua de mar en dosis reducidas, y es capaz de inhibir las formas de incrustaciones más comunes. Genesol LS debe ser dosificado de forma continua al agua de alimentación a la membrana, además, puede dosificarse desde su forma pura o diluido. En nuestro caso, como la dosis recomendada por el fabricante es baja, procederemos a diluirlo al 25% para facilitar su dosificación al sistema. Sus principales características son:

- Indicado para membranas de ósmosis inversa.
- Compatible con membranas de poliamida.
- Altamente efectivo en sistemas que trabajan a conversiones elevadas.
- Alternativa técnico-económica frente a la dosificación de ácido y hexametáfosfato.
- Previene las incrustaciones más frecuentes: carbonato / sulfato cálcico / sulfato de bario / sulfato de estroncio / sílice / hierro / manganeso.

El pinchazo de este producto se realizará tras los procesos de filtración.

Dosificación de GENESOL LS:

- Caudal de alimentación = 250 m³/h
- Dosis = 1,5 ppm (mg/L)
- Concentración = 0,25 (25 %)
- Densidad disolución = 1,10 kg/L

$$\text{Caudal disolución} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{1.000\text{g}}}{\frac{1,10 \text{ kg}}{\text{L}} \cdot 0,25} = 1,36 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ Genesol LS}$$

Depósito para 20 días:

$$\text{Capacidad depósito} = 1,36 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 20\text{d} = \mathbf{326,4 \text{ L} = 0,327 \text{ m}^3}$$

El depósito será de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 1.000 L de capacidad. Sus dimensiones son 900 mm de diámetro y 1.715 mm de altura.

La bomba dosificadora de Genesol LS será suministrada por la empresa PROMINENT. Son bombas de dosificación de membrana magnética, resistentes a la corrosión. En la siguiente tabla se muestran las características principales de este tipo de bomba:

Modelo	Nº unidades	Capacidad máxima (L/h)	Presión máxima de descarga (bar)	Material
ALPHA C 1002	1	1,8	10	Polipropileno, cerámica y PTFE

Tabla A3. 9 Características de la bomba dosificadora de Genesol LS

Fuente: PROMINENT

Las fichas técnicas de las bombas dosificadoras y de los depósitos se pueden consultar en el Anexo VIII sobre fichas técnicas de los equipos.

ANEXO IV. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

1. Dimensionado de tuberías

En nuestra instalación se utilizará PRFV (poliéster reforzado de fibra de vidrio) y PE (polietileno) para las tuberías de baja-media presión y acero inoxidable 904-L para las de alta presión, según Plano 3 de diagrama de flujo.

El procedimiento de cálculo para las tuberías consiste en hallar el diámetro de la tubería por la que circula el agua, que será el diámetro nominal del fabricante inmediatamente superior al hallado en el procedimiento de cálculo. Para ello, se supone una velocidad de fluido y, dado que conocemos el caudal que pasa por cada tramo, obtenemos el diámetro de la conducción.

Las expresiones utilizadas para realizar el dimensionado de tuberías son:

$$S(\text{m}^2) = \frac{Q\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{v\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} \text{ Ec. [A4.1]}$$

$$D(\text{m}) = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \text{ Ec. [A4.2]}$$

1.1. Aspiración de las bombas de captación

Denominación de las líneas: AM-200-PRFV-1.1 y AM-200-PRFV-1.2 (1 reserva).

El caudal por pozo viene determinado por el caudal necesario a la entrada del bastidor de ósmosis, el cual es de 250 m³/h. Habrán dos pozos con las mismas características, siendo uno de ellos de reserva. Conocido el caudal por pozo y considerando una velocidad de 2,5 m/s, la cual está dentro del intervalo que aporta el fabricante de tuberías, obtenemos el diámetro de la conducción por las ecuaciones [A4.1] y [A4.2]:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-200 y PN-16 del fabricante Amitech Spain.

1.2. Colector de impulsión de las bombas de captación

Denominación de la línea: AM-250-PRFV-2.1.

Para la línea de impulsión de las bombas de captación tendremos en cuenta una posible ampliación futura de la capacidad de producción, por lo que calcularemos un colector considerando que ambos pozos funcionan simultáneamente. El caudal, por tanto, será de 500 m³/h y, suponiendo una velocidad de 3 m/s, obtenemos el diámetro del colector de impulsión:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{500/3.600}{3} = 0,0463 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0463}{\pi}} = 0,243 \text{ m} = 9,72 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-250 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.3. Derivaciones a filtros de malla automáticos

Denominación de las líneas: AM-200-PRFV-3.1 y AM-200-PRFV-3.2 (1 de reserva).

El caudal que pasa por cada filtro de malla automático es de 250 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-200 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.4. Salida de filtros de malla automáticos

Denominación de las líneas: AF-200-PRFV-4.1 y AF-200-PRFV-4.2 (1 de reserva).

El caudal que sale de cada filtro de malla automático es de 250 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-200 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.5. Colector de salida filtros de malla automático

Denominación de la línea: AF-250-PRFV-5.1.

Para la línea de salida de los filtros de malla automáticos tendremos en cuenta una posible ampliación futura de la capacidad de producción, por lo que calcularemos un colector considerando que ambos filtros funcionan simultáneamente al caudal de diseño. El caudal, por tanto, será de 500 m³/h y, suponiendo una velocidad de 3 m/s, obtenemos el diámetro del colector:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{500/3.600}{3} = 0,0463 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0463}{\pi}} = 0,243m = 9,72 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-250 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.6. Derivaciones a filtros de cartuchos

Denominación de las líneas: AF-200-PRFV-6.1 y AF-200-PRFV-6.2 (1 de reserva).

El caudal que pasa por cada filtro de cartucho es de 250 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-200 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.7. Salida de filtros de cartuchos

Denominación de las líneas: AF-200-PRFV-7.1 y AF-200-PRFV-7.2 (1 de reserva).

El caudal que sale de cada filtro de cartuchos es de 250 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-200 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.8. Colector de salida filtros de cartuchos

Denominación de la línea: AF-250-PRFV-8.1.

Para la línea de salida de los filtros de cartucho tendremos en cuenta una posible ampliación futura de la capacidad de producción, por lo que calcularemos un colector considerando que ambos filtros funcionan simultáneamente al caudal de diseño. El caudal, por tanto, será de 500 m³/h y, suponiendo una velocidad de 3 m/s, obtenemos el diámetro del colector:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{500/3.600}{3} = 0,0463 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0463}{\pi}} = 0,243 \text{ m} = 9,72 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-250 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.9. Derivación a bomba alta presión

Denominación de las líneas: AF-150-PRFV-9.1 y AF-150-PRFV-9.2 (1 de reserva).

El caudal que pasa por la línea que va hacia la bomba de alta presión viene determinado por la conversión del sistema, la cual es del 50%. Por tanto, el caudal de derivación a estas bombas es de 125 m³/h, mismo caudal que de permeado. Suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133 \text{ m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.10. Derivación a intercambiador de presión, ERI

Denominación de la línea: AF-150-PRFV-10.1.

El caudal que pasa por la línea que va hacia el intercambiador de presión viene determinado por la conversión del sistema, la cual es del 50%. Por tanto, el caudal de derivación al ERI es de 125 m³/h. Suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133 \text{ m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.11. Salida de la bomba de alta presión

Denominación de las líneas: AFP-150-AI904L-11.1 y AF-150-AI904L-11.2 (1 de reserva).

El caudal que sale de la bomba de alta a presión es de 125 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133 \text{ m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de acero inoxidable 904-L de 6 pulgadas Sch. 40 capaz de soportar presiones de 55 bar.

1.12. Salida de agua de mar del intercambiador de presión

Denominación de la línea: AFP-150-AI904L-12.1.

El caudal de agua de mar que sale del sistema de intercambio de presión es de 125 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133 \text{ m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de acero inoxidable 904-L de 6 pulgadas Sch.40 capaz de soportar presiones de 55 bar.

1.13. Colector de entrada al bastidor de ósmosis

Denominación de la línea: AFP-200-AI904L-13.1.

La salida de la bomba de alta presión y del intercambiador de presión se unen en un colector de entrada al bastidor de ósmosis inversa. Por tanto, el caudal que circulará por este colector será de 250 m³/h. Suponemos una velocidad de circulación de 2,5 m/s, y obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{250/3.600}{2,5} = 0,0278 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0278}{\pi}} = 0,1881 \text{ m} = 7,5 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de acero inoxidable 904-L de 8 pulgadas Sch.40 capaz de soportar presiones de 55 bar.

1.14. Salida de agua producto del bastidor a depósito de agua producto

Denominación de la línea: AP-150-PE-14.1.

El caudal de agua producto que sale del bastidor de membranas es de 125 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133 \text{ m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PE de DN-150 y PN-4.

1.15. Colector desde depósito de agua producto hasta bomba impulsión de agua producto

Denominación de la línea: AP-150-PRFV-15.1.

Para el colector que va desde el depósito de agua producto hasta las bombas de impulsión tenemos en cuenta que habrá 3 bombas, 2 en operación y 1 de reserva, con un caudal unitario de 62,5 m³/h. El diseño del colector se hará considerando un posible aumento del caudal de agua demandada en el futuro, por tanto, el caudal máximo que circulará por este colector será de 187,5 m³/h. Suponemos una velocidad de circulación de 3 m/s, y obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{187,5/3.600}{3} = 0,0174 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0174}{\pi}} = 0,149 \text{ m} = 5,96 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-25 del fabricante Amitech Spain.

1.16. Derivación a bombas de impulsión de agua producto

Denominación de las líneas: AP-100-PRFV-16.1, AP-100-PRFV-16.2 y AP-100-PRFV-16.3 (1 de reserva).

El caudal que pasa por las líneas que van hacia las bombas de impulsión del permeado está calculado considerando las épocas de lluvia, en las cuales podrá disminuir la demanda de agua producto, por lo que se han colocado 3 bombas de 62,5 m³/h. Suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{62,5/3.600}{2,5} = 0,0069 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0069}{\pi}} = 0,094 \text{ m} = 3,75 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-100 y PN-25 del fabricante Amitech Spain.

1.17. Colector de impulsión de agua producto

Denominación de la línea: AP-150-PRFV-17.1.

El caudal máximo que circulará por el colector de impulsión será de 187,5 m³/h. Suponemos una velocidad de circulación de 3 m/s, y obtenemos el diámetro de la conducción:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{187,5/3.600}{3} = 0,0174 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0174}{\pi}} = 0,149 \text{ m} = 5,96 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-25 del fabricante Amitech Spain.

1.18. Salida de salmuera del bastidor a intercambiador de presión

Denominación de la línea: SAP-150-AI904L-18.1.

El caudal de salmuera que sale del bastidor es de 125 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133\text{m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de acero inoxidable 904-L de 6 pulgadas Sch.40 capaces de soportar presiones de 55 bar.

1.19. Salida de salmuera del intercambiador de presión a pozo de evacuación

Denominación de la línea: SA-150-PRFV-19.1.

El caudal de rechazo que sale del sistema de intercambio de presión es de 125 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{125/3.600}{2,5} = 0,0139 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0139}{\pi}} = 0,133\text{m} = 5,32 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.20. Salida de agua producto del bastidor a tanque de limpieza química

Denominación de la línea: AP-50-PE-20.1.

El caudal de agua producto que sale del bastidor de ósmosis hacia el depósito de limpieza química para preparar la disolución de lavado es de 15 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{15/3.600}{2,5} = 0,0017 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0017}{\pi}} = 0,047\text{m} = 1,88 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PE de DN-50 y PN-4.

1.21. Salida de solución de limpieza desde depósito hasta bombas de impulsión

Denominación de la línea: LQ-150-PRFV-21.1.

El caudal de solución de limpieza que sale del depósito hacia las bombas de impulsión es de 120 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{120/3.600}{2,5} = 0,0133 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0133}{\pi}} = 0,13\text{m} = 5,2 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.22. Salida de solución de limpieza desde bombas hasta filtro de cartuchos

Denominación de la línea: LQ-150-PRFV-22.1.

El caudal de solución de limpieza impulsado por la bomba hacia el filtro de cartuchos es de 120 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{120/3.600}{2,5} = 0,0133 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0133}{\pi}} = 0,13\text{m} = 5,2 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.23. Salida de solución de limpieza desde filtro de cartuchos hasta bastidor de ósmosis

Denominación de la línea: LQ-150-PRFV-23.1.

El caudal de solución de limpieza que sale del filtro de cartuchos hacia el bastidor de ósmosis es de 120 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{120/3.600}{2,5} = 0,0133 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0133}{\pi}} = 0,13\text{m} = 5,2 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

1.24. Retorno de solución de limpieza desde bastidor de ósmosis hacia depósito de limpieza

Denominación de la línea: LQ-150-PRFV-24.1.

El caudal de solución de limpieza que sale del bastidor de ósmosis hacia el depósito es de 120 m³/h, suponiendo una velocidad de circulación de 2,5 m/s obtenemos un diámetro para la conducción de:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{120/3.600}{2,5} = 0,0133 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0133}{\pi}} = 0,13 \text{ m} = 5,2 \text{ pulg}$$

La tubería escogida para este tramo será de PRFV de DN-150 y PN-6 del fabricante Amitech Spain.

La nomenclatura utilizada para la designación de las líneas se define a continuación. En el Plano 3 de diagrama de flujo se pueden observar los tramos de conducciones descritos.

AM-200-PRFV-1.1: Aspiración bomba de captación agua de mar, pozo 1.

AM-200-PRFV-1.2: Aspiración bomba de captación agua de mar, pozo 2.

AM-250-PRFV-2.1: Colector de impulsión bombas de captación agua de mar.

AM-200-PRFV-3.1: Derivación a filtro de malla automático 1.

AM-200-PRFV-3.2: Derivación a filtro de malla automático 2.

AF-200-PRFV-4.1: Salida de filtro de malla automático 1.

AF-200-PRFV-4.2: Salida de filtro de malla automático 2.

AF-250-PRFV-5.1: Colector de salida filtros de malla automático a filtros de cartucho.

AF-200-PRFV-6.1: Derivación a filtro de cartuchos 1.

AF-200-PRFV-6.2: Derivación a filtro de cartuchos 2.

AF-200-PRFV-7.1: Salida de filtro de cartuchos 1.

AF-200-PRFV-7.2: Salida de filtro de cartuchos 2.

AF-250-PRFV-8.1: Colector de salida filtros de cartucho a BAP y ERI.

AF-150-PRFV-9.1: Derivación a bomba de alta presión 1.

AF-150-PRFV-9.2: Derivación a bomba de alta presión 2.

AF-150-PRFV-10.1: Derivación a intercambiador de presión, ERI.

AFP-150-PRFV-11.1: Salida de la bomba de alta presión 1.

AFP-150-PRFV-11.2: Salida de la bomba de alta presión 2.

AFP-150-PRFV-12.1: Salida de agua de mar del intercambiador de presión, ERI.

AFP-200-PRFV-13.1: Colector de entrada al bastidor de ósmosis.

AP-150-PE-14.1: Salida de agua producto de bastidor hacia tanque de agua producto.

AP-150-PRFV-15.1: Colector de salida de depósito de agua producto hacia bombas de impulsión.

AP-100-PRFV-16.1: Derivación a bomba de impulsión de agua producto 1.

AP-100-PRFV-16.2: Derivación a bomba de impulsión de agua producto 2.

AP-100-PRFV-16.3: Derivación a bomba de impulsión de agua producto 3.

AP-150-PRFV-17.1: Colector de impulsión de agua producto.

SAP-150-AI904L-18.1: Salida de salmuera a presión del bastidor hacia el intercambiador de presión.

SA-150-PRFV-19.1: Salida de salmuera del intercambiador de presión hacia el pozo de evacuación.

AP-50-PE-20.1: Salida de agua producto del bastidor hacia depósito de limpieza química.

LQ-150-PRFV-21.1: Salida de solución de limpieza química desde el depósito hacia bombas de impulsión.

LQ-150-PRFV-22.1: Salida de solución de limpieza química desde las bombas hacia filtro de cartuchos.

LQ-150-PRFV-23.1: Salida de solución de limpieza química desde filtro de cartuchos hacia el bastidor de ósmosis.

LQ-150-PRFV-24.1: Retorno de solución de limpieza química desde bastidor a depósito de limpieza química.

A continuación, se muestra una tabla con las características de cada tramo de tubería de la instalación:

TRAMO	Q (m³/h)	V(m/s)	DN(mm)	L(m)
AM-200-PRFV-1.1	250	2,21	200	148
AM-200-PRFV-1.2	250	2,21	200	148
AM-250-PRFV-2.1	250	1,41	250	21
AM-200-PRFV-3.1	250	2,21	200	4
AM-200-PRFV-3.2	250	2,21	200	4
AF-200-PRFV-4.1	250	2,21	200	3
AF-200-PRFV-4.2	250	2,21	200	3
AF-250-PRFV-5.1	250	1,41	250	2,5
AF-200-PRFV-6.1	250	2,21	200	4
AF-200-PRFV-6.2	250	2,21	200	4
AF-200-PRFV-7.1	250	2,21	200	2
AF-200-PRFV-7.2	250	2,21	200	2
AF-250-PRFV-8.1	250	1,41	250	18
AF-150-PRFV-9.1	125	2,36	150	2,5
AF-150-PRFV-9.2	125	2,36	150	10,50
AF-150-PRFV-10.1	125	2,36	150	6
AFP-150-AI904L-11.1	125	2,36	6"(150)	4
AFP-150-AI904L-11.2	125	2,36	6"(150)	11
AFP-150-AI904L-12.1	125	2,36	6"(150)	7,5
AFP-200-AI904L-13.1	250	2,21	8"(200)	5
AP-150-PE-14.1	125	2,36	150	31
AP-150-PRFV-15.1	125	2,36	150	25
AP-100-PRFV-16.1	62,5	2,21	100	5
AP-100-PRFV-16.2	62,5	2,21	100	5
AP-100-PRFV-16.3	62,5	2,21	100	5
AP-150-PRFV-17.1	125	2,36	150	425
SAP-150-AI904L-18.1	125	2,36	6"(150)	14
SA-150-PRFV-19.1	125	2,36	150	205

AP-50-PE-20.1	15	2,12	50	20,5
LQ-150-PRFV-21.1	120	1,89	150	4
LQ-150-PRFV-22.1	120	1,89	150	5
LQ-150-PRFV-23.1	120	1,89	150	4
LQ-150-PRFV-24.1	120	1,89	150	15,5

Tabla A4. 1 Características de los tramos de tubería

2. Cálculos hidráulicos

Para seleccionar las bombas será necesario saber el caudal y la carga que deben vencer. Debemos calcular la carga o altura manométrica en las bombas a través de la ecuación de Bernouilli:

$$H = \left(F + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \text{ Ec. [A4.3]}$$

Donde:

H = altura manométrica (m)

ρ = densidad del agua a 20°C (Kg/m³)

g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

P1, P2 = presión del agua en los puntos 1 y 2 (Kg/m²)

Z1, Z2 = diferencia de cotas entre los puntos 1 y 2 (m)

v1 y v2 = velocidades del líquido en los puntos 1 y 2 (m/s)

F = Fc + Fa, pérdidas de carga en la conducción y debido a los accesorios (m)

2.1. Cálculo de las pérdidas de carga en las conducciones (Fc)

Empezaremos calculando las pérdidas de carga que se producen en cada línea de nuestra instalación. Para calcular el valor de la pérdida de carga en las tuberías se emplea la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$F_C = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \text{ Ec. [A4.4]}$$

Donde:

F_c = pérdida de carga en las conducciones (m)

f = factor de fricción

L = longitud de la tubería (m)

v = velocidad del fluido en la conducción (m/s)

g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

D = diámetro interno de la conducción (m)

El factor de fricción (f) para cada tramo de tubería, lo obtenemos a través de la ecuación de White-Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \text{ Ec. [A4.5]}$$

Es función de la rugosidad de la tubería (ε/D) y del número de Reynolds (Re). La rugosidad (ε) depende únicamente del material con la que se fabrica la conducción, y tiene un valor de 0,000029 m para el PRFV, 0,0001 m para el acero inoxidable y 0,000015 m para el PE. El número de Reynolds lo obtenemos a partir de la expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \text{ Ec. [A4.6]}$$

Donde:

μ = viscosidad del líquido (kg/m·s)

La Tabla A4.2 muestra los resultados de la pérdida de carga en las conducciones:

TRAMO	v(m/s)	DN(mm)	L(m)	ε/D	Re	f	Fc
AM-200-PRFV-1.1	2,21	200	148	0,00015	453.934	0,015	2,77
AM-200-PRFV-1.2	2,21	200	148	0,00015	453.934	0,015	2,77
AM-250-PRFV-2.1	1,41	250	21	0,00012	362.018	0,015	0,13
AM-200-PRFV-3.1	2,21	200	4	0,00015	453.934	0,015	0,07
AM-200-PRFV-3.2	2,21	200	4	0,00015	453.934	0,015	0,07
AF-200-PRFV-4.1	2,21	200	3	0,00015	453.934	0,015	0,06

AF-200-PRFV-4.2	2,21	200	3	0,00015	453.934	0,015	0,06
AF-250-PRFV-5.1	1,41	250	2,5	0,00012	362.018	0,015	0,02
AF-200-PRFV-6.1	2,21	200	4	0,00015	453.934	0,015	0,07
AF-200-PRFV-6.2	2,21	200	4	0,00015	453.934	0,015	0,07
AF-200-PRFV-7.1	2,21	200	2	0,00015	453.934	0,015	0,04
AF-200-PRFV-7.2	2,21	200	2	0,00015	453.934	0,015	0,04
AF-250-PRFV-8.1	1,41	250	18	0,00012	362.018	0,015	0,11
AF-150-PRFV-9.1	2,36	150	2,5	0,00019	363.558	0,016	0,08
AF-150-PRFV-9.2	2,36	150	10,50	0,00019	363.558	0,016	0,32
AF-150-PRFV-10.1	2,36	150	6	0,00019	363.558	0,016	0,18
AFP-150-AI904L-11.1	2,36	6"(150)	4	0,00067	363.558	0,019	0,14
AFP-150-AI904L-11.2	2,36	6"(150)	11	0,00067	363.558	0,019	0,39
AFP-150-AI904L-12.1	2,36	6"(150)	7,5	0,00067	363.558	0,019	0,27
AFP-200-AI904L-13.1	2,21	8"(200)	5	0,0005	453.934	0,018	0,11
AP-150-PE-14.1	2,36	150	31	0,00019	363.558	0,016	0,93
AP-150-PRFV-15.1	2,36	150	25	0,00019	363.558	0,016	0,75
AP-100-PRFV-16.1	2,21	100	5	0,00029	226.967	0,017	0,22
AP-100-PRFV-16.2	2,21	100	5	0,00029	226.967	0,017	0,22
AP-100-PRFV-16.3	2,21	100	5	0,00029	226.967	0,017	0,22
AP-150-PRFV-17.1	2,36	150	425	0,00019	363.558	0,016	12,8
SAP-150-AI904L-18.1	2,36	6"(150)	14	0,00067	363.558	0,019	0,5
SA-150-PRFV-19.1	2,36	150	205	0,00019	363.558	0,016	6,15
AP-50-PE-20.1	2,12	50	20,5	0,00058	108.862	0,02	1,92
LQ-150-PRFV-21.1	1,89	150	4	0,00019	291.155	0,016	0,08
LQ-150-PRFV-22.1	1,89	150	5	0,00019	291.155	0,016	0,1
LQ-150-PRFV-23.1	1,89	150	4	0,00019	291.155	0,016	0,08
LQ-150-PRFV-24.1	1,89	150	15,5	0,00019	291.155	0,016	0,31

Tabla A4. 2 Pérdida de carga por fricción en las conducciones

2.2. Cálculo de las pérdidas de carga de accesorios (Fe)

Las pérdidas de carga debidas a los accesorios son las que se producen en los codos, válvulas, térs, etc.

Para determinarlas se asigna a cada accesorio un valor “K” dado por la bibliografía, obteniéndose la pérdida de carga de los accesorios por la siguiente expresión:

$$F_a(m) = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Ec. [A4.7]}$$

La siguiente tabla muestra el valor de la constante “K” de los distintos accesorios de la instalación:

Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

Figura A4. 1 Longitud equivalente y coeficientes K para accesorios

Fuente: Cameron Hydraulic Data

A continuación, mostraremos la Tabla A4.3 con las pérdidas de carga debida a los accesorios en cada tramo de tubería:

TRAMO	V (m/s)	DN (mm)	Codo 90°	Válvula compuerta	Válvula check	Válvula asiento	Te	Fa (m)
AM-200-PRFV-1.1	2,21	200	3x0,42	0,11	1,4	-	-	0,69
AM-200-PRFV-1.2	2,21	200	3x0,42	0,11	1,4	-	-	0,69
AM-250-PRFV-2.1	1,41	250	-	-	-	-	2x0,28	0,06
AM-200-PRFV-3.1	2,21	200	2x0,42	0,11	-	-	-	0,24
AM-200-PRFV-3.2	2,21	200	2x0,42	0,11	-	-	-	0,24
AF-200-PRFV-4.1	2,21	200	2x0,42	0,11	-	-	-	0,24
AF-200-PRFV-4.2	2,21	200	2x0,42	0,11	-	-	-	0,24
AF-250-PRFV-5.1	1,41	250	-	-	-	-	2x0,28	0,06
AF-200-PRFV-6.1	2,21	200	1x0,42	0,11	-	-	-	0,13
AF-200-PRFV-6.2	2,21	200	1x0,42	0,11	-	-	-	0,13
AF-200-PRFV-7.1	2,21	200	1x0,42	0,11	-	-	-	0,13
AF-200-PRFV-7.2	2,21	200	1x0,42	0,11	-	-	-	0,13
AF-250-PRFV-8.1	1,41	250	1x0,42	-	-	-	2x0,28	0,1
AF-150-PRFV-9.1	2,36	150	-	0,12	1,5	-	-	0,46
AF-150-PRFV-9.2	2,36	150	1x0,45	2x0,12	1,5	-	-	0,62
AF-150-PRFV-10.1	2,36	150	2x0,45	-	-	6,3	-	2,04
AFP-150-AI904L-11.1	2,36	150	-	0,12	-	-	1x0,3	0,12
AFP-150-AI904L-11.2	2,36	150	1x0,45	0,12	-	-	-	0,16
AFP-150-AI904L-12.1	2,36	150	4x0,45	2x0,12	1,5	-	-	1
AFP-200-AI904L-13.1	2,21	200	2x0,42	-	-	5,9	1x0,28	1,75
AP-150-PE-14.1	2,36	150	4x0,45	0,12	-	-	-	0,55
AP-150-PRFV-15.1	2,36	150	3x0,45	0,12	1,5	-	3x0,3	1,1
AP-100-PRFV-16.1	2,21	100	2x0,51	2x0,14	1,7	-	-	0,75
AP-100-PRFV-16.2	2,21	100	2x0,51	2x0,14	1,7	-	-	0,75
AP-100-PRFV-16.3	2,21	100	2x0,51	2x0,14	1,7	-	-	0,75
AP-150-PRFV-17.1	2,36	150	4x0,45	-	-	-	3x0,3	0,77
SAP-150-AI904L-18.1	2,36	150	2x0,45	-	-	6,9	-	2,21
SA-150-PRFV-19.1	2,36	150	5x0,45	-	-	-	-	0,64
AP-50-PE-20.1	2,12	50	3x0,57	3x0,15	2x1,9	-	-	0,93

Tabla A4. 3 Pérdida de carga debida a los accesorios

2.3. Cálculo de la altura manométrica y selección de las bombas

2.3.1. Bombas de captación

La bomba de captación se encarga de impulsar el agua desde el pozo de captación de agua de mar hasta la bomba de alta presión y el intercambiador de presión, a través de los tramos AM-200-PRFV-1.1, AM-250-PRFV-2.1, AM-200-PRFV-3.1, AF-200-PRFV-4.1, AF-250-PRFV-5.1, AF-200-PRFV-6.1, AF-200-PRFV-7.1, AF-250-PRFV-8.1, AF-150-PRFV-9.2, AF-150-PRFV-10.1. Para el diseño de las bombas se escogerá el tramo más desfavorable, aquel que presenta mayor pérdida de carga. Además, estas bombas deberán vencer la pérdida de carga que conlleva el pretratamiento del agua de mar.

Conocemos el caudal que deben suministrar estas bombas, 250 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3] descrita en el apartado 2:

Punto 1: boca de la tubería de captación sumergida 40 metros

$$P_1 = \rho \cdot h + P_{\text{atm}} = 1.027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 40 \text{ m} + 10.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 51.413 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_1 = -40 \text{ m}$$

$$v_1 = 0$$

Punto 2: entrada al intercambiador de presión y bomba de alta presión

$$P_2 = 20.394,32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_2 = 115 \text{ m}$$

$$v_2 = 2,36 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga desde la aspiración de la bomba de captación hasta el intercambiador se resumen en la Tabla A4.4:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
AM-200-PRFV-1.1	2,77+0,69=3,46
AM-250-PRFV-2.1	0,13+0,06=0,19

AM-200-PRFV-3.1	0,07+0,24=0,31
AF-200-PRFV-4.1	0,06+0,24=0,3
AF-250-PRFV-5.1	0,02+0,06=0,08
AF-200-PRFV-6.1	0,07+0,13=0,2
AF-200-PRFV-7.1	0,04+0,13=0,17
AF-250-PRFV-8.1	0,11+0,1=0,21
AF-150-PRFV-10.1	0,18+2,04=2,22
Pérdida de carga total (m)	7,05

Tabla A4. 4 Pérdidas de carga en tramos de impulsión de bomba de captación

A estas pérdidas de carga hay que añadirle la pérdida de carga que se producen en los filtros, las cuales vienen dadas por el fabricante:

- Filtros de malla automáticos: Azud Luxon 9600/8, Q = 250 m³/h

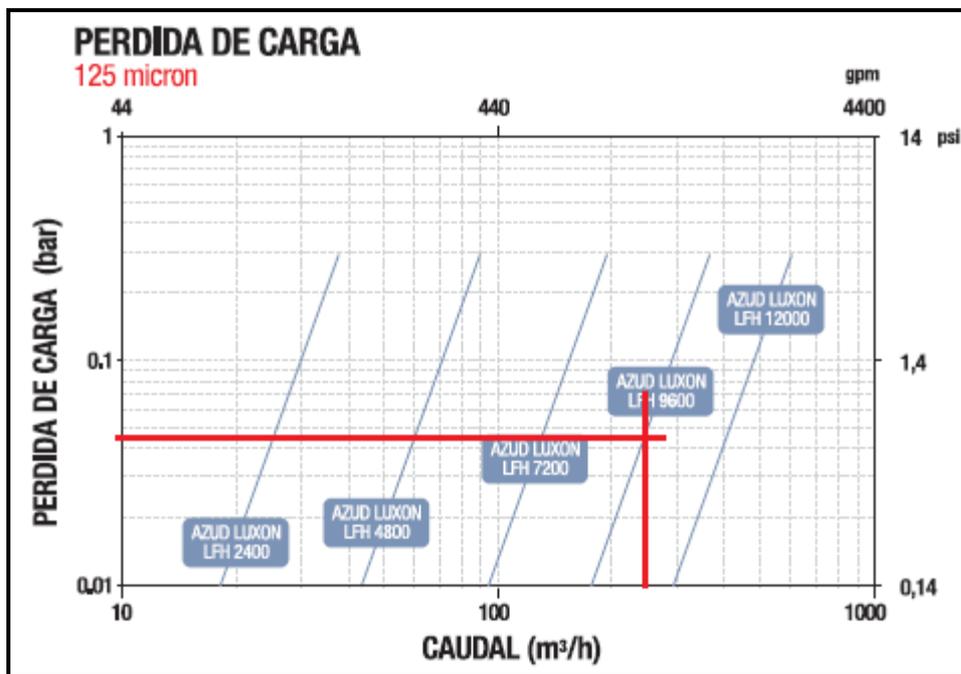


Figura A4. 2 Pérdida de carga frente a caudal en filtros de malla automáticos

Fuente: Sistema AZUD S.A.

Para un caudal de 250 m³/h obtenemos una pérdida de carga para los filtros de malla automáticos de:

$$F_{\text{azud luxon}} = 0,045 \text{ bar} \approx \mathbf{0,45 \text{ m}}$$

- Filtros de cartuchos: HARMSCO, cartuchos de polipropileno plegados, PP-40-5-226.

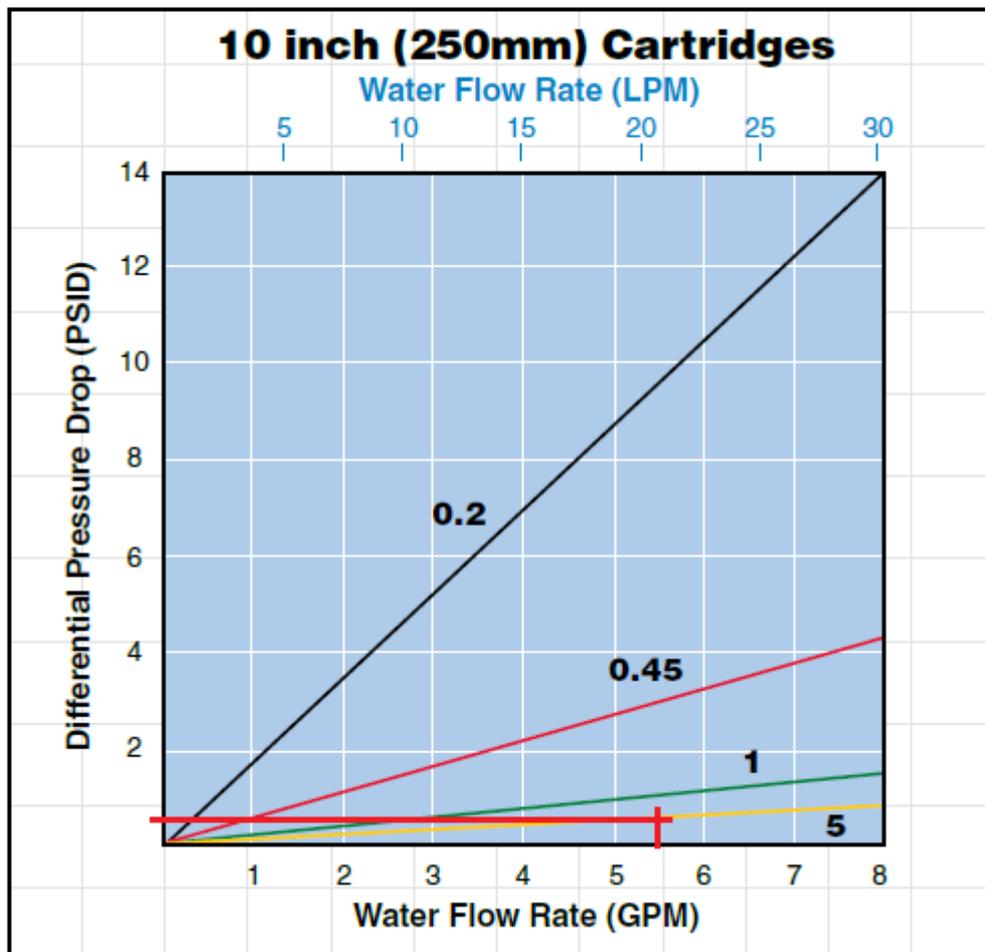


Figura A4. 3 Pérdida de carga frente a caudal en filtros de cartucho de polipropileno plegados

Fuente: HARMSCO

Para 1,25 m³/h (5,45 gpm) y 5 micras, se obtiene una pérdida de carga de 0,6 psi por cada 10'' de cartucho. Los cartuchos son de 40'', por lo que la pérdida de carga total será de 2,4 psi, lo que equivale a 0,17 bares.

Estos filtros de cartucho deberán reemplazarse cuando se produzca una pérdida de carga de 1,5 bares (15 m).

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((7,05 + 15 + 0,45) + \frac{20.394,32 - 51.413}{1.027} + 115 - (-40) + \frac{2,36^2 - 0}{2 \cdot 9,81} \right) = \mathbf{148 \text{ m}}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 250 m³/h y vencer una carga mínima de 148 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo UPA 250C-250/6 (n = 2.900 rpm). Se tratan de bombas sumergibles para pozos con instalación vertical. Son bombas centrífugas de cuerpo segmentado de una o varias etapas. La carcasa de aspiración dispone de un filtro para proteger la bomba de partículas gruesas que se encuentren en el líquido. Su ficha técnica se puede consultar en el Anexo VIII de fichas técnicas de los equipos.

Las características principales son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	UPA
Tipo	Centrífuga multietapa
Disposición	Vertical
Material	Acero inox.
Caudal diseño(m ³ /h)	250
Caudal máximo (m ³ /h)	330
Altura manométrica diseño (m)	148
Altura manométrica máxima (m)	460
Rendimiento (%)	80

Tabla A4. 5Características de las bombas de captación

Las curvas de operación de esta bomba son:

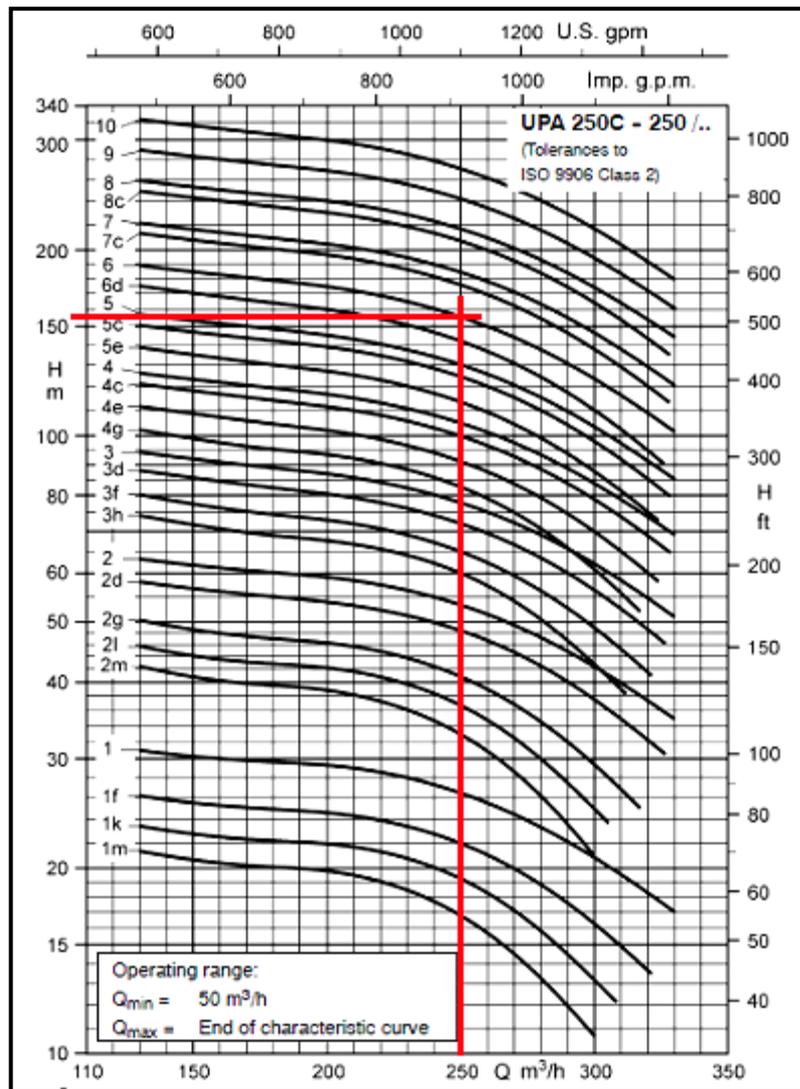


Figura A4. 4 Curva de operación de la bomba de captación UPA

Fuente: KSB itur S.A.

2.3.2. Bombas de alta presión

La bomba de alta presión se encarga de impulsar el agua desde su aspiración hasta el bastidor de ósmosis inversa para que se produzca dicho proceso, a través de los tramos AF-150-PRFV-11.2 y AF-150-PRFV-13.1. Para el diseño de las bombas siempre escogemos el tramo más desfavorable, aquel que presenta mayor pérdida de carga.

Conocemos el caudal que deben suministrar estas bombas, 125 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3]:

Punto 1: aspiración de la bomba de alta presión (BAP 2)

$$P_1 = 20.394,32 \text{ kg/m}^2$$

$$Z_1 = 115 \text{ m}$$

$$v_1 = 2,36 \text{ m/s}$$

Punto 2: entrada al intercambiador de presión

$$P_2 = 551.666,36 \text{ kg/m}^2 \text{ (dada por la simulación en IMS Desing 15)}$$

$$Z_2 = 117 \text{ m}$$

$$v_2 = 2,21 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga de esos tramos de la instalación se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
AF-150-PRFV-11.2	0,39+0,16=0,55
AF-150-PRFV-13.1	0,11+1,75=1,86
Pérdida de carga total (m)	2,41

Figura A4. 5 Pérdidas de carga en tramos de impulsión de bomba de alta presión

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((2,41) + \frac{551.666,36 - 20.394,32}{1.027} + 117 - 115 + \frac{2,21^2 - 2,36^2}{2 \cdot 9,81} \right) = \mathbf{522 \text{ m}}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 125 m³/h y vencer una carga mínima de 522 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo Multitec 100 8.1/7 (n = 2.900 rpm). Se trata de una bomba centrífuga multicelular de cuerpo segmentado con anillos, con acoplamiento o monobloc. Su ficha técnica puede consultarse en el Anexo VIII sobre fichas de los equipos.

Las características principales son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	Multitec
Tipo	Cuerpo segmentado con anillos
Disposición	Horizontal
Material	Acero inox.
Caudal diseño(m ³ /h)	125
Caudal máximo (m ³ /h)	850
Altura manométrica diseño (m)	522
Altura manométrica máxima (m)	630
Rendimiento (%)	70

Tabla A4. 6 Características principales de las bombas de alta presión

Las curvas de operación de esta bomba son:

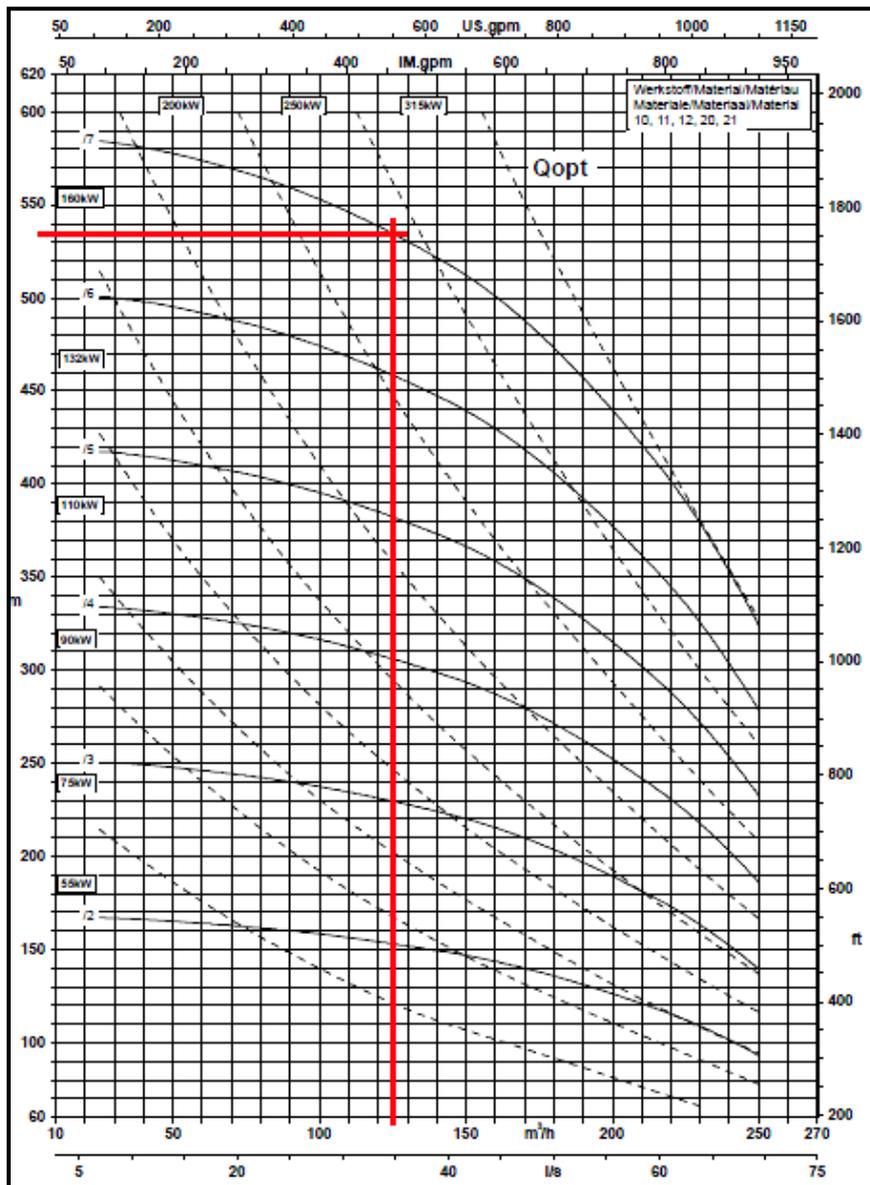


Figura A4. 6 curva de operación de la bomba de alta presión Multitec

Fuente: KSB itur S.A.

2.3.3. Bomba Booster

La bomba booster se encarga de impulsar el agua de mar que sale del intercambiador de presión hasta el colector de entrada al bastidor de ósmosis inversa, a través del tramo AFP-150-AI904L-12.1.

Conocemos el caudal que deben suministrar esta bomba, 125 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3]:

Punto 1: salida del intercambiador de presión

$$P_1 = 540.449,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z1 = 115 \text{ m}$$

$$v1 = 2,36 \text{ m/s}$$

Punto 2: colector de entrada al bastidor

$$P_2 = 551.666,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z2 = 117 \text{ m}$$

$$v2 = 2,21 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga de esta parte de la instalación se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
AF-150-PRFV-12.1	0,27+1=1,27
Pérdida de carga total (m)	1,27

Tabla A4. 7 Pérdidas de carga en tramos de impulsión de bomba booster

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((1,27) + \frac{551.666,36 - 540.449,48}{1.027} + 117 - 115 + \frac{2,21^2 - 2,36^2}{2 \cdot 9,81} \right) = \mathbf{14,2 \text{ m}}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 125 m³/h y vencer una carga mínima de 14,2 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo RPH-RO 150-280B (n=1450 rpm). Se trata de una bomba booster de carcasa de voluta partida radialmente. Su ficha técnica puede consultarse en el Anexo VIII sobre fichas de los equipos.

Las características principales son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	RPH-RO
Tipo	Booster
Disposición	Horizontal
Presión máx. que soporta (bar)	80
Caudal diseño(m ³ /h)	125
Caudal máximo (m ³ /h)	2.500
Altura manométrica diseño (m)	14,2
Altura manométrica máxima (m)	150
Rendimiento (%)	75

Tabla A4. 8 Características de la bomba booster

2.3.4. Bombas de agua producto

Las bombas de agua producto se encargan de impulsar el agua permeada almacenada en el depósito de agua producto hasta los embalses desde los cuales se alimentan los propietarios de las fincas, a través de los tramos AP-150-PRFV-15.1, AP-100-PRFV-16.1, AP-100-PRFV-16.2 y AP-150-PRFV-17.1.

Conocemos el caudal que deben suministrar esta bomba, 62,5 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3]:

Punto 1: boca de la tubería de impulsión en el depósito de agua producto

$$P_1 = 10.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_1 = 105 \text{ m}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

Punto 2: embalse de los propietarios

$$P_2 = 10.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_2 = 260 \text{ m}$$

$$v_2 = 0 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga de estos tramos de la instalación se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
AP-150-PRFV-15.1	0,75+1,1=1,85
AP-100-PRFV-16.1	0,22+0,75=0,97
AP-100-PRFV-16.2	0,22+0,75=0,97
AP-150-PRFV-17.1	12,8+0,77=13,57
Pérdida de carga total (m)	17,36

Tabla A4. 9 Pérdida de carga en las conducciones para la bomba de agua producto

A esta pérdida de carga debemos añadirle la que se produce en el tramo más desfavorable desde el colector de impulsión a la charca más lejana de los propietarios, la cual obtenemos mediante la ecuación [A4.4]:

$$F_c = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} = 0,016 \cdot \frac{2.175 \cdot 2,36^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,15} = 65,86 \text{ m}$$

Consideramos una pérdida de carga para este tramo de 70 m, considerando los posibles accesorios que puedan encontrarse.

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((17,36 + 70) + \frac{10.333 - 10.333}{1.000} + 260 - 105 + \frac{0}{2 \cdot 9,81} \right) = \mathbf{242,36 \text{ m}}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 62,5 m³/h y vencer una carga mínima de 242,36 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo Multitec 65 5.1/7 (n = 2.900 rpm). Se trata de una bomba centrífuga multicelular de cuerpo segmentado con anillos, con acoplamiento o monobloc. La ficha técnica de esta bomba la podemos encontrar en el Anexo VIII.

Las características de estas bombas son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	Multitec
Tipo	Cuerpo segmentado con anillos
Disposición	Horizontal
Material	Acero inox.
Caudal diseño(m ³ /h)	62,5
Caudal máximo (m ³ /h)	850
Altura manométrica diseño (m)	242
Altura manométrica máxima (m)	630
Rendimiento (%)	76

Tabla A4. 10 Características de la bomba de agua producto

Las curvas de operación de esta bomba son:

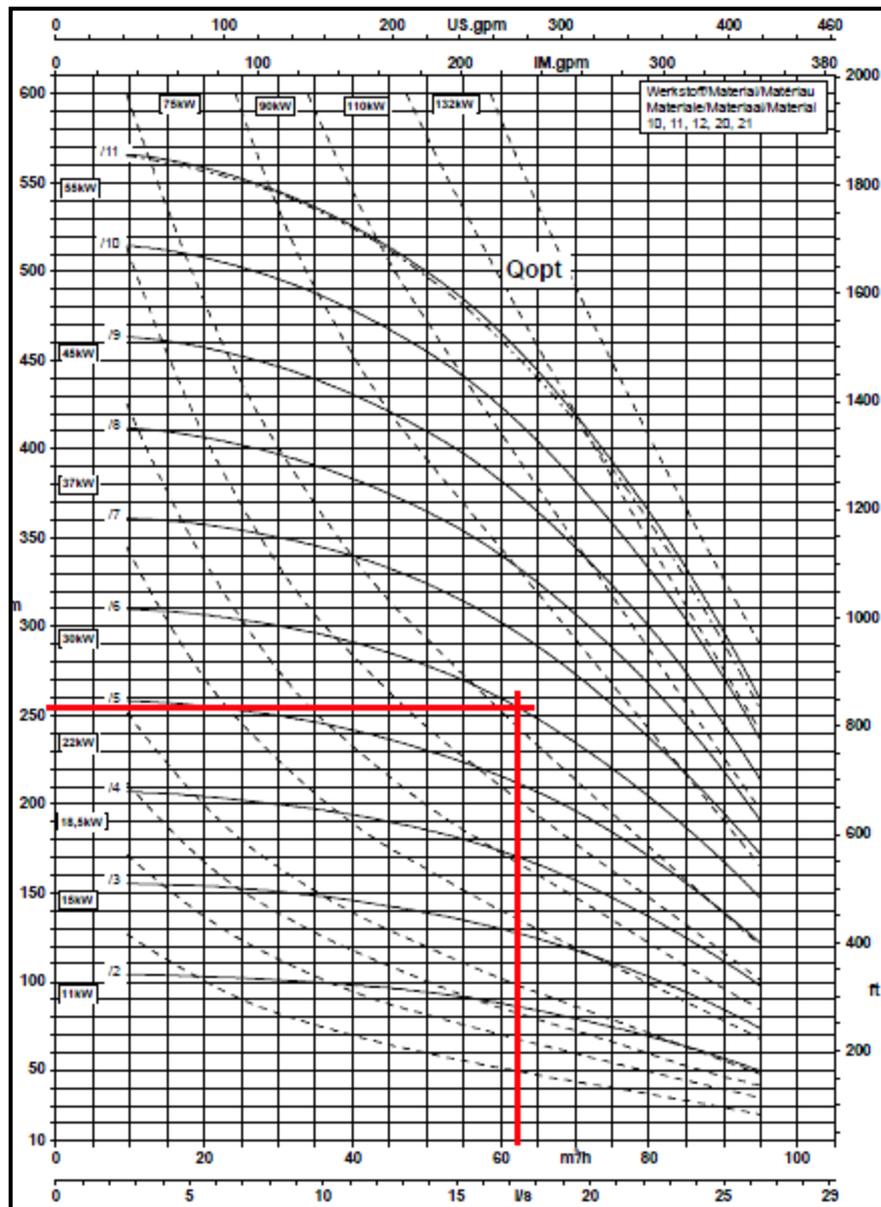


Figura A4. 7 Curva de operación de bomba de agua producto Multitec

Fuente: KSB itur S.A.

2.3.5. Bomba de llenado del tanque de limpieza química

La bomba de llenado del depósito de limpieza química se encarga de impulsar el agua permeada que sale del bastidor de ósmosis inversa hasta el depósito donde se preparará la solución de limpieza, a través del tramo AP-50-PE-20.1.

Conocemos el caudal que debe suministrar esta bomba, 15 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3]:

Punto 1: salida de agua producto del bastidor de ósmosis

$$P_1 = 0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_1 = 115 \text{ m}$$

$$v_1 = 2,12 \text{ m/s}$$

Punto 2: depósito de limpieza química

$$P_2 = 10.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_2 = 117 \text{ m}$$

$$v_2 = 0 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga de este tramo de la instalación se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
AP-50-PE-20.1	1,92+0,93=2,85
Pérdida de carga total (m)	2,85

Tabla A4. 11 Pérdida de carga en el tramo de conducción de la bomba de llenado del depósito de limpieza química

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((2,85) + \frac{10.333 - 0}{1.000} + 117 - 115 + \frac{0 - 2,12^2}{2 \cdot 9,81} \right) = \mathbf{14,96 \text{ m}}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 15 m³/h y vencer una carga mínima de 14,96 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo Etabloc 50-32-125.1 (n = 2.900 rpm). Se trata de una bomba monobloc monoetapa en voluta, diseñada según EN 733, con casquillo de eje y anillos de desgaste recambiables. Su ficha técnica se encuentra en el Anexo VIII.

Las características son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	Etabloc
Tipo	Monobloc monoetapa voluta
Disposición	Horizontal
Material	Acero inox.
Caudal diseño(m3/h)	15
Caudal máximo (m3/h)	640
Altura manométrica diseño (m)	15
Altura manométrica máxima (m)	160
Rendimiento (%)	60

Tabla A4. 12 Características de la bomba de llenado del depósito de limpieza química

Las curvas de operación de esta bomba son:

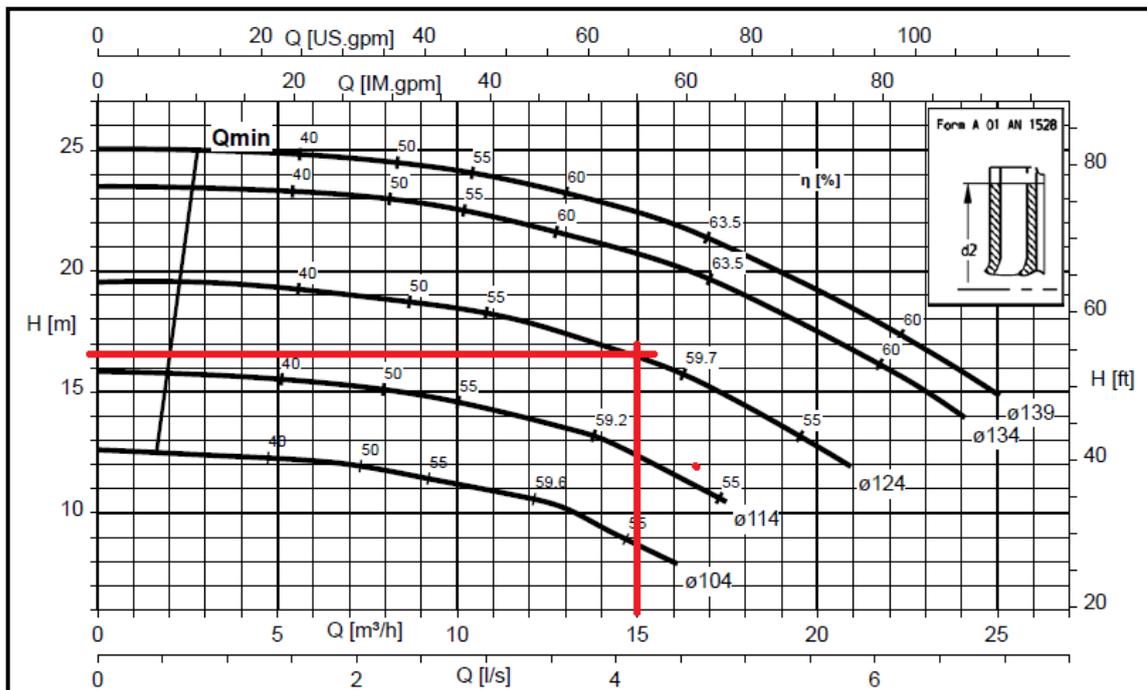


Figura A4. 8 Curva de operación de la bomba de llenado del depósito de limpieza química

Fuente: KSB itur S.A.

2.3.6. Bombas de limpieza química

La bomba de impulsión de la solución de limpieza química se encarga de impulsar dicha solución por todo el sistema de lavado, a través de los tramos LQ-150-PRFV-21.1, LQ-150-PRFV-22.1, LQ-150-PRFV-23.2, LQ-150-PRFV-24.1.

Conocemos el caudal que debe suministrar esta bomba, 15 m³/h. Debemos obtener la altura manométrica a partir de la ecuación [A4.3]:

Punto 1: depósito de limpieza química

$$P_1 = 10.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Z_1 = 115 \text{ m}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

Punto 2: bastidor de ósmosis inversa

$$P_2 = 40.788,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \text{ (La limpieza química se realizará a un máximo de 4 bares)}$$

$$Z_2 = 117 \text{ m}$$

$$v_2 = 1,89 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga de estos tramos de la instalación se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO	F = Fc + Fa (m)
LQ-150-PRFV-21.1	0,08+0,43=0,51
LQ-150-PRFV-22.1	0,1+0,21=0,31
LQ-150-PRFV-23.2	0,08+0,1=0,18
LQ-150-PRFV-24.1	0,31+0,27=0,58
Pérdida de carga total (m)	1,58

Tabla A4. 13 Pérdida de carga en el tramo de impulsión de la bomba de limpieza química

A estas pérdidas de carga hay que añadirle la pérdida de carga que se producen en el filtro, las cuales vienen dadas por el fabricante:

Filtros de cartuchos: HARMSCO, cartuchos de polipropileno plegados, PP-40-5-226.

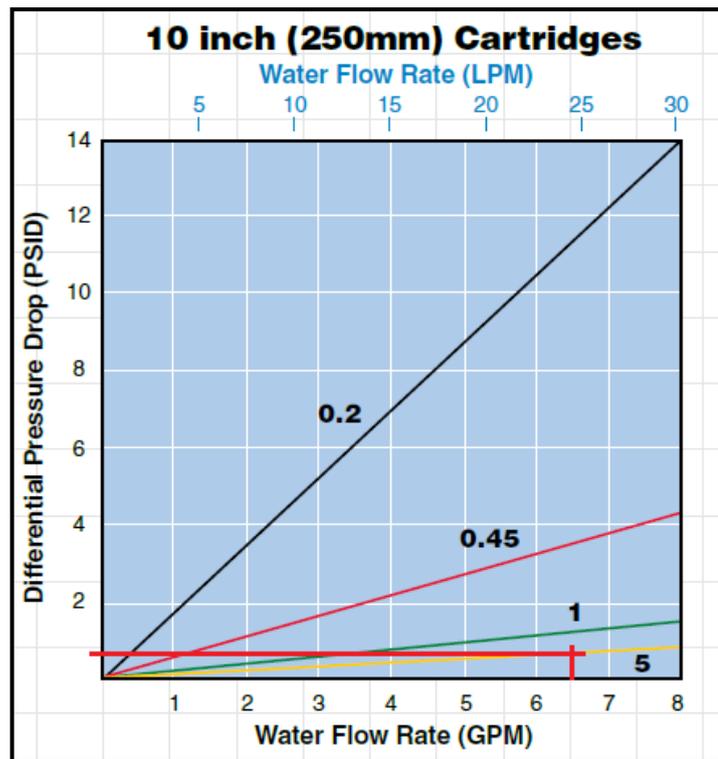


Figura A4. 9 Pérdida de carga frente a caudal para filtros de cartucho de polipropileno plegados

Fuente: HARMSCO

Para 1,5 m³/h (6,52 gpm) y 5 micras obtenemos una pérdida de carga de 0,7 psi por cada 10” de cartucho. Nuestros cartuchos son de 40”, por lo que la pérdida de carga total será de 2,8 psi = 0,2 bares.

Estos filtros de cartucho deberán reemplazarse cuando se produzca una pérdida de carga de 1,5 bares (15m).

La altura manométrica que debe vencer la bomba será:

$$H = \left((1,58 + 15) + \frac{40.788,64 - 10.333}{1.010} + 117 - 115 + \frac{1,89^2 - 0}{2 \cdot 9,81} \right) = 49,2 \text{ m}$$

La bomba debe impulsar un caudal de 120 m³/h y vencer una carga mínima de 49,2 m.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa KSB ITUR Spain S.A., modelo Mega-CPK 65/200. Se trata de una bomba química normalizada monoetapa de voluta partida radialmente. Su ficha técnica se encuentra en el Anexo VIII sobre fichas de equipos.

Las características de estas bombas son:

Fabricante	KSB Itur
Modelo	Mega CPK
Tipo	Centrífuga química normalizada
Disposición	Horizontal
Material	Acero inox.
Caudal diseño(m ³ /h)	120
Caudal máximo (m ³ /h)	1.160
Altura manométrica diseño (m)	49,2
Altura manométrica máxima (m)	162
Rendimiento (%)	77

Tabla A4. 14 Características de las bombas de limpieza química

Las curvas de operación de esta bomba son:

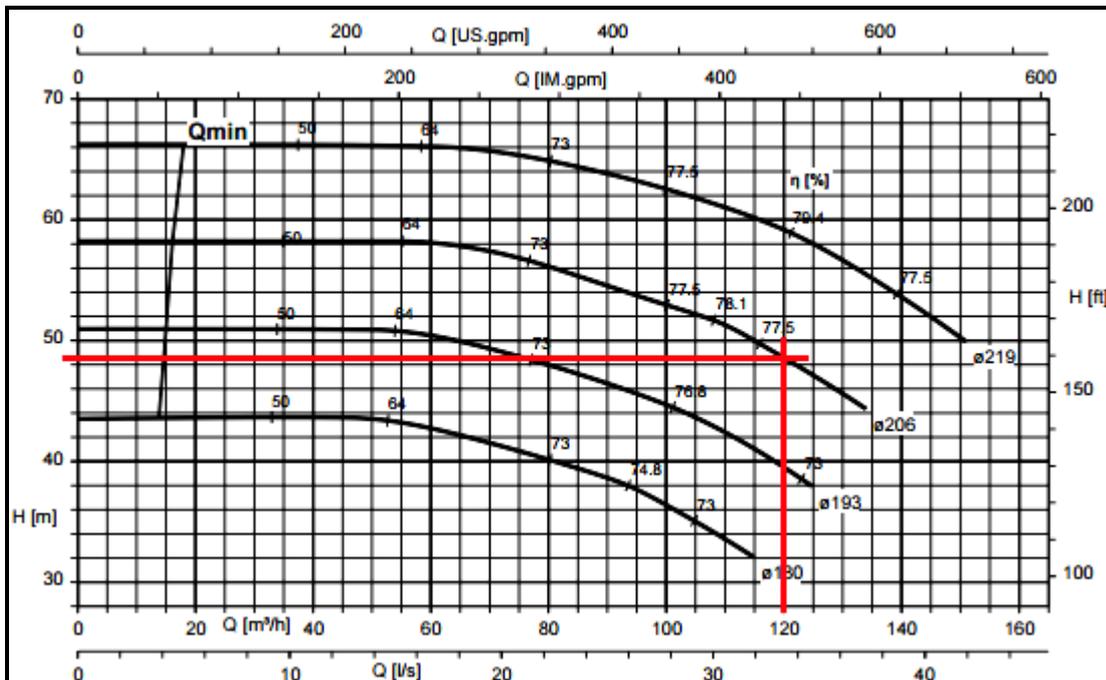


Figura A4. 10 curva de operación de la bomba de limpieza química Mega-CPK

Fuente: KSB itur S.A.

ANEXO V. SISTEMA DE LIMPIEZA QUÍMICA DE LAS MEMBRANAS

1. Introducción

Cuando el rendimiento de una planta de ósmosis inversa desciende por debajo de unos determinados límites, significa que las membranas han sufrido algún tipo de ensuciamiento, por lo que es necesario proceder a la limpieza de las membranas para restaurar sus características iniciales de funcionamiento.

Los tipos de ensuciamientos más comunes de las membranas usadas en el tratamiento de agua son:

- Depósitos e incrustaciones inorgánicas.
- Ensuciamiento coloidal.
- Materia orgánica, colonizaciones microbiológicas y formación de biopelículas.

Como norma general, es necesario realizar una limpieza de las membranas si ocurre cualquiera de las siguientes situaciones:

- Cuando la presión diferencial varíe un 10-15% respecto al valor de diseño.
- Cuando el caudal de permeado varíe un 10-15% respecto al valor de diseño.
- Cuando el paso de sales varíe un 10-15% respecto al valor de diseño.
- Ante largos períodos de parada (más de una semana).
- Al menos una vez al año.

La elección de los productos y procedimiento de limpieza más adecuados, vendrá determinada por el tipo de ensuciamiento presente. Debido al tipo de incrustaciones que se tienen, se hará un lavado ácido con Genesol 37 suministrado por la empresa GENESYS RO Internacional.

2. Dimensionado del sistema de lavado químico

El sistema de lavado químico constará de un depósito para elaborar la disolución, dos bombas dosificadoras (1 de reserva) y un filtro de cartuchos de 5 μm para evitar que lleguen partículas a las membranas.

2.1. Depósito de lavado químico

Para el diseño del depósito de limpieza química deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Debe tener capacidad suficiente para almacenar, al menos, el volumen de agua necesario para llenar los tubos de presión y todo el circuito hidráulico (tuberías de retorno e impulsión de solución de limpieza).
- Se deben aplicar caudales entre 5 y 9 m³/h por cada tubo de presión de 8“ para una correcta limpieza de las membranas.
- La presión a utilizar durante el lavado debe estar entre de 1,5 - 4 bares.
- La velocidad en las tuberías debe estar entre 1,5 y 2,5 m/s.

Teniendo en cuenta esas consideraciones de diseño, procederemos a calcular el volumen del depósito como:

$$V_{\text{depósito}} = V_{\text{bastidor}} + V_{\text{tuberías}} \quad \text{Ec. [A5.1]}$$

El bastidor está compuesto por 20 tubos de presión, los cuales tienen un diámetro de 0,205 m y una longitud de 6,7 m. El volumen de agua para llenar el bastidor será:

$$V_{\text{bastidor}} = N^{\circ} \text{ tubos presión} * V_{\text{t.presión}} = 20 * \frac{\pi}{4} 0,205^2 * 6,7 = 4,423 \text{ m}^3$$

Considerando que por cada tubo de presión necesita 6 m³/h y en el bastidor hay 20 tubos, el caudal de disolución será de:

$$Q_{\text{disol}} = 20 * 6 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tomando una velocidad de circulación de la solución de limpieza química de 2 m/s, obtenemos el diámetro de las conducciones:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{120 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1}{3.600} \frac{\text{h}}{\text{s}}}{2 \text{ m/s}} = 0,0167 \text{ m}^2 \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,146 \text{ m}$$

El sistema hidráulico está compuesto por tuberías de PRFV DN-150 PN-6.

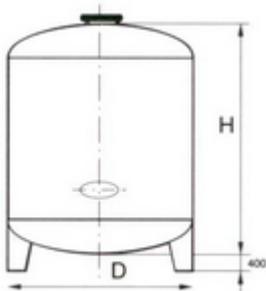
Las conducciones de limpieza química tienen una longitud total de 50 m. El volumen del sistema hidráulico será:

$$V_{\text{tuberías}} = \frac{\pi}{4} 0,15^2 * 50 = 0,884 \text{ m}^3$$

Finalmente determinamos la capacidad mínima que debe tener el depósito de limpieza química de las membranas mediante la ecuación [A5.1] es:

$$V_{\text{depósito}} = 4,423 + 0,884 = 5,307 \text{ m}^3$$

El depósito elegido es de la empresa Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA). El depósito es tipo D de 6.000 L de capacidad. Sus dimensiones son:



Volumen (L)	Diámetro (mm)	Altura (m)
6.000	1.400	4171

Tabla A5. 1 Características del depósito de limpieza química

Fuente: Auxiliar de Instalaciones Químicas S.A (AIQSA)

2.2. Dosificación del agente de limpieza química

Como hemos comentado anteriormente se usará el producto Genesol 37, el cual es una mezcla de ácidos nítricos y fosfóricos que sirve para eliminar depósitos e incrustaciones. El fabricante recomienda una solución al 1 – 2 %.

Volumen necesario de Genesol 37 para preparar la disolución de limpieza química:

- Volumen del depósito = 6 m³
- Concentración = 0,015 (1,5 %)

$$V_{\text{Genesol37}} = V_{\text{dep}} * \text{Concentración} = 6000 * 0,015 = 90 \text{ L}$$

Se requerirá un volumen de 90 L de Genesol 37 para preparar la disolución de limpieza de las membranas.

2.3. Bomba para la limpieza química

El dimensionamiento de esta bomba se realiza acorde al procedimiento indicado en el Anexo IV correspondiente a los cálculos hidráulicos, obteniendo como resultados una bomba de 120 m³/h capaz de vencer como mínimo una carga de 49,2 m.

Se instalará una bomba química normalizada con cierre del eje del fabricante KSB itur, concretamente el modelo Mega CPK 65/200. Su ficha técnica se encuentra en el Anexo VIII de fichas técnicas de los equipos.

2.4. Filtros de cartucho para el sistema de limpieza química

Tras la bomba y antes de la entrada al bastidor de ósmosis se coloca el filtro de cartuchos. El objetivo de esta filtración es recoger las partículas que han sido arrancadas de las membranas durante la limpieza química y no se han disuelto, de manera que durante la recirculación no vuelvan a entrar al bastidor.

Estableciendo un flujo de 1,5 m³/h por cada 250 mm de cartucho, conociendo que los cartuchos tienen 1.000 mm de longitud, con lo que el caudal por cartucho es de 6 m³/h y conociendo que el caudal a filtrar es de 120 m³/h, obtenemos el número de cartuchos necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{cartuchos}} = \frac{Q_{\text{limp. quim}}}{Q_{\text{cartucho}}} = \frac{120}{6} = 21 \text{ cartuchos}$$

Los filtros de cartuchos escogidos son del fabricante HARMSCO. Los cartuchos elegidos son de polipropileno plegado, modelo PP-40-5-226, los cuales tienen una longitud de 40'' (1.000mm) y un grado de micraje absoluto de 5 micras, con un 99,98% de eficiencia (Beta 5000). El portafiltros escogido es el Multi-Cartucho, modelo HMC-21-FL, en el cual se pueden colocar hasta 21 cartuchos de 40'' de longitud, y tiene una capacidad máxima de 150 m³/h.

Las características principales del portafiltros y de los cartuchos de polipropileno plegados se muestran en las Tablas A5.2 y A5.3, y se pueden consultar en el Anexo VIII:

Modelo	Caudal máximo (m³/h)	Número de filtros de 40"	Presión máxima (bar)	Material
HMC-21-FL	150	21	10,3	Ac. Inox 304

Tabla A5. 2 Características principales del portafiltros multicartuchos HMC

Fuente: HARMSCO

Modelo	Caudal (m³/h)	Grado de micraje absoluto (µm)	Longitud (pulg/mm)	Material
PP-40-5-226	0,5-1,5	5	40/1.000	Polipropileno

Tabla A5. 3 Características de los filtros de cartuchos de polipropileno plegados PP

Fuente: HARMSCO

3. Procedimiento de limpieza química

La operación de limpieza de membranas se realiza siempre con la planta fuera de producción. El proceso de limpieza de membranas debe realizarse en las siguientes etapas y respetando las siguientes consideraciones:

3.1. Preparación de la solución de limpieza

Las soluciones de limpieza deben prepararse con agua de buena calidad y sin cloro. Se recomienda el empleo de agua permeada, es por ello que se colocará una línea de agua permeada desde el bastidor de ósmosis hasta el depósito donde se hará la solución de limpieza. Por esta línea se impulsará el agua producto con una bomba diseñada para un caudal de 15 m³/h y una altura manométrica de 15 m, del fabricante KSB itur, modelo Etabloc. Su diseño puede consultarse en el Anexo IV y sus características en el Anexo VIII.

3.2. Recirculación de la solución de limpieza en el sistema

La limpieza de la membrana debe realizarse a baja presión (<4 bar) y el flujo no debe exceder los límites establecidos. Deben intercalarse periodos de recirculación y reposo, con el fin de favorecer el contacto de la solución de limpieza con la suciedad y facilitar su eliminación, tal como indica el fabricante del reactivo de limpieza.

Si la solución de limpieza muestra un fuerte cambio de color y/o aparecen precipitaciones, habría que desecharla y hacer una nueva, repitiendo el proceso.

Durante toda la fase de limpieza, las válvulas de concentrado y permeado de retorno al tanque de limpieza, deben mantenerse abiertas, pero la válvula de permeado al tanque de agua producto estará cerrada durante todo el proceso y sólo se abrirá una vez comprobada que la calidad del agua permeada es óptima.

3.3. Desplazamiento de la solución de limpieza/aclarado

Una vez finalizada la limpieza deben aclararse las membranas y el circuito de limpieza con agua de calidad.

3.4. Arranque de la producción

Una vez finalizado el aclarado, se pone en marcha la instalación desechando el agua producto durante 15 minutos al caudal nominal de diseño, para garantizar la total eliminación de trazas de productos químicos de limpieza en la línea de agua permeada.

ANEXO VI. EVALUACIÓN FINANCIERA

1. Presupuesto

El presupuesto de la construcción de la instalación desaladora de agua de mar asciende a la cantidad de un millón doscientos ochenta y ocho mil trescientos veinticuatro euros con quince céntimos (1.288.324,15 euros), según el documento Presupuesto del presente proyecto.

2. Evaluación financiera

2.1. Subvenciones

La inversión inicial se debe ver reducida gracias a las subvenciones del Estado español para nuevas tecnologías, maquinaria y ahorro energético en equipamiento agrario. Entre las ayudas que están en vigor y pueden acogerse se encuentra la siguiente:

- *Real Decreto 456/2010, de 16 de abril, por el que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la promoción de nuevas tecnologías en maquinaria y equipos agrarios.*
Ayuda hasta un 50% en maquinaria y equipos agrarios nuevas.

Esta subvención será aplicable a los equipos y maquinaria siguientes:

Capítulo 1: CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR, en sus partidas:

- 2 uds bomba centrífuga vertical sumergible para captación de agua de mar marca ITUR KSB o similar con caudal 250m³/h y 148mca, de 129,43 kW de potencia, montada con ayuda de grúa con p.p. de anclajes a pared de pozo, tubería de conexionado e instrumentación según planos, conexionado eléctrico a subcuadro.
Funcionando..... 79.630 €

Capítulo 2: PRETRATAMIENTO DE AGUA DE MAR..... 41.779,24 €

Capítulo 3: BOMBEO DE ALTA PRESIÓN..... 340.556€

Capítulo 4: ÓSMOSIS INVERSA..... 139.616,20€

Capítulo 5: BOMBEO DE AGUA PRODUCTO Y EVACUACIÓN DE SALMUERA, en sus partidas:

- 3 uds bomba centrífuga horizontal de cuerpo segmentado para la impulsión del agua producto hacia los embalses de los propietarios marca KSB itur mod. Multitec. La potencia es de 56 kW para una presión de 242 mca. El grupo motobomba irá fijado convenientemente a la bancada ya construida, además se realizará el conexionado de las tuberías de aspiración e impulsión construidas en PRFV 100 mm PN 25, a las tubuladuras de la bomba, así como los enlaces por unión química de éstas al colector de aspiración y colector de impulsión, construido en PRFV 150 mm. Además, la instalación contemplará la implantación de los accesorios correspondientes para el trazado correcto especificado en planos, así como el conexionado eléctrico del equipo.....98.199 €
- Depósito metálico cilíndrico fabricado con láminas de acero, corrugadas, galvanizadas de 1.050 m3. Diámetro: 11,5 metros, altura: 10 metros. Incluido montaje.....15.486 €

Capítulo 6: TRATAMIENTO QUÍMICO..... 42.287,84 €

Capítulo 7: TUBERÍAS..... 133.068,04 €

Capítulo 6: INSTRUMENTACIÓN..... 26.888,50€

Total importe subvencionable..... 917.510,82 €

Subvención 50%..... **458.755,41 €**

Teniendo en cuenta las subvenciones anteriores la inversión en inmovilizado asciende a:

Concepto	Euros
Presupuesto de ejecución material	1.003.367,72
13% Gastos generales	130.437,8
6% Beneficio industrial	70.235,74

IMPORTE TOTAL	1.288.324,15
AYUDAS Y SUBVENCIONES	-458.755,41
GASTO DE INMOVILIZADO	829.568,74

2.2. Costes de amortización

Suponiendo una amortización al 6% de interés durante un periodo de 20 años de toda la inversión anteriormente descrita, obtenemos la siguiente tabla de amortización:

Coste inicial (€)	829.568,74
Interés (%)	6
Coste total (€)	879.342,86
Nº años	20

Años	Amortización (€)	Saldo (€)	Amortizado (€)
0	0,00	879.342,86	0,00
1	43.967,14	835.375,72	43.967,14
2	43.967,14	791.408,58	87.934,29
3	43.967,14	747.441,43	131.901,43
4	43.967,14	703.474,29	175.868,57
5	43.967,14	659.507,15	219.835,72
6	43.967,14	615.540,01	263.802,86
7	43.967,14	571.572,86	307.770,00
8	43.967,14	527.605,72	351.737,15
9	43.967,14	483.638,58	395.704,29
10	43.967,14	439.671,43	439.671,43
11	43.967,14	395.704,29	483.638,58
12	43.967,14	351.737,15	527.605,72
13	43.967,14	307.770,00	571.572,86
14	43.967,14	263.802,86	615.540,01
15	43.967,14	219.835,72	659.507,15
16	43.967,14	175.868,57	703.474,29
17	43.967,14	131.901,43	747.441,43
18	43.967,14	87.934,29	791.408,58
19	43.967,14	43.967,14	835.375,72
20	43.967,14	0,00	879.342,86

Tabla A6. 1 Tabla de amortización

Teniendo en cuenta la tabla anterior, la cantidad a pagar como amortización anualmente es 43.967,14 euros.

2.3. Costes de operación

2.3.1. Reactivos químicos

- Cloruro férrico (FeCl₃):

$$\text{Coste anual: } 6,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,418 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} \cdot 0,16 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 6.568 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Ácido sulfúrico (H₂SO₄):

$$\text{Coste anual: } 2,78 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,84 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} \cdot 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 3.332,68 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Hipoclorito sódico (NaClO):

$$\text{Coste anual: } 7,65 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,24 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} \cdot 0,18 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 7.478,76 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Bisulfito sódico (NaHSO₃):

$$\text{Coste anual: } 5,61 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,31 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} \cdot 0,28 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 9.012,93 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Genesol LS:

$$\text{Coste anual: } 1,36 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,10 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 12 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} \cdot 2,24 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 14.677,55 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Por tanto, los costes anuales en reactivos químicos ascienden a cuarenta y un mil sesenta y nueve euros con noventa y dos céntimos (41.069,92 €).

2.3.2. Consumo eléctrico

El consumo eléctrico de la instalación será de 1.986.152,41 kWh anuales. Teniendo en cuenta la tarifa de contratación en alta tensión, correspondiente a 4,92 céntimos por kWh, supone unos costes de operación de 97.718,70 euros.

2.3.3. Mano de obra

Concepto	Personal	Turnos 12h/día	Sueldo anual	Gastos anuales mano de obra
Jefe de planta	1	1	30.000	30.000
Encargado de proceso	1	1	23.000	23.000
Operario	1	1	16.500	16.500
TOTAL				69.500

Tabla A6. 2 Costes de la mano de obra

Los costes anuales en mano de obra son sesenta y nueve mil quinientos euros (69.500 €).

2.3.4. Reposición de membranas

La experiencia ha demostrado que durante los primeros años de vida de los módulos de membranas de ósmosis inversa, el grado de reposición es muy bajo. Actualmente, los fabricantes de membranas garantizan los cinco primeros años de uso sin reposición.

En general, la reposición de membranas es de un 8% anual a partir del 5º año de vida de la instalación. En nuestro caso supone el cambio de 10 membranas por año y un coste aproximado de nueve mil cuatrocientos euros (9.400 euros).

2.3.5. Otros gastos

En este apartado se reflejan otros gastos de la instalación, como son limpieza de las instalaciones de servicios, vestuario, material de laboratorio, licencias, seguros y mantenimiento preventivo de los equipos. Para estos costes se propone un presupuesto de quince mil euros (15.000 €).

2.4. Resumen de costes

La siguiente tabla muestra los costes anuales de operación de la planta:

Concepto	Euros
Amortización media	43.967,14
Reactivos químicos	41.069,92
Consumo eléctrico	97.718,70
Mano de obra	69.500,00
Reposición de membranas (a partir del 5º año)	9.400,00
Otros gastos	15.000,00
Arrendamiento nave	25.000,00
TOTAL	301.723,62

Tabla A6. 3 Resumen de costes de operación

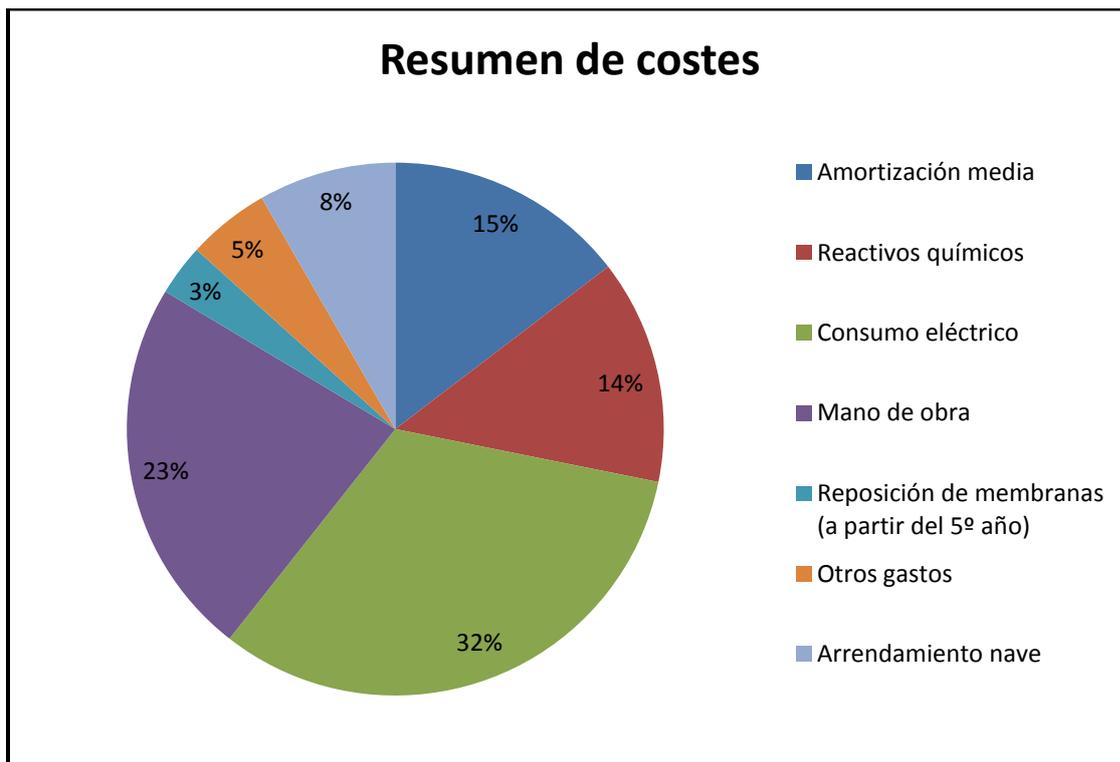


Figura A6. 1 Peso en % de los costes de operación de la planta desaladora

2.5. Precio del m3 del agua desalada

Para obtener el precio del m3 de agua producto dividimos el costo total anual de la instalación entre el volumen anual de agua producida:

$$\frac{\text{€}}{\text{m}^3 \text{ agua}} = \frac{301.723,62}{1.500 * 365} = \mathbf{0,551}$$

2.6. Evaluación de resultados

La distribución y venta de agua depurada reutilizada para regadío agrícola la gestiona la empresa BALTEN, propiedad del Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Los precios a Junio de 2015 son:

Zona	Precio (€/m3)
Zona 6: conducción de transporte EDAR Adeje/Arona – Santiago del Teide	0,504

Tabla A6. 4 Precio del agua depurada de la zona

Fuente: Balten

Como vemos, nuestra agua costará unos 5 céntimos más por m3 que la suministrada por Balten. Para ver la rentabilidad de nuestra agua en comparación con la suministrada por BALTEN, nos basaremos en dos aspectos: conductividad del agua y calidad y peso del fruto.

Teniendo en cuenta entrevistas personales con agricultores de la zona, y resultados de ensayos realizados en sus fincas de cultivo de plátanos, el agua depurada reutilizada suministrada por BALTEN tiene una conductividad de 1200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ aproximadamente, con ella se obtendrá una producción en torno a 28-30 kg/planta y un 30-40% de categoría extra. Sin embargo, una plantación que utilice un agua de 700 $\mu\text{s}/\text{cm}$ tendrá una producción aproximada de 34-38 kg/planta y 70-80% de categoría extra. Esta diferencia de producción se debe a que un agua de mayor conductividad implica menor cantidad de abono para la planta, lo que conlleva a frutos de menor calidad y menor peso.

A continuación, realizaremos un pequeño análisis del beneficio bruto anual que supondría para un agricultor el uso de un agua de buena calidad, considerando las cantidades de abono, gasto de agua y venta del producto para una plantación de 1 FG.

Superficie cultivada (FG)	1
Nº Plantas	1.000
Cons/planta·d (L)	22
Consumo agua (m ³ /d)	22
Tiempo fruto (d)	365
Consumo agua (m ³ /año)	8.030
Precio abono (€/kg)	0,6
Precio categ. Extra (€/kg)	0,61
Precio categ. prim (€/kg)	0,46

	Agua BALTEN	Agua desalada
Precio(€/m ³)	0,504	0,551
Cond. (µs/cm)	1.200	700
Produc. (kg/planta·año)	30	36,000
Producción (kg fruto)	30.000	36.000
% categ. Extra	40	80
% categ. Primera	60	20
Abono (kg/planta·d)	0,002	0,004
Gasto agua (€)	-4.047,120	-4.424,530
Gasto abono (€)	-438,000	-876,000
Ingreso venta (€)	15.600,000	20.880,000
Beneficio bruto (€/año)	11.114,880	15.579,470

Tabla A6. 5 Beneficio bruto anual teórico por FG cultivada en función de la calidad del agua de riego

Como se muestra en la Tabla A6.4, un agua de mayor calidad implica la obtención de frutos de más categoría, ya que su menor conductividad hace posible la adición de una mayor cantidad de alimento (abono, hasta 4g/día) para la planta, lo que conlleva un mayor beneficio para el agricultor, obteniendo como media unos 4.000 euros brutos más anualmente por FG cultivada, utilizando un agua un poco más cara pero de mejor calidad debido a su baja conductividad.

ANEXO VII. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1. Generalidades

La instalación eléctrica de la planta desaladora objeto de este trabajo cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT-2002).

El cuadro eléctrico general es alimentado desde dos transformadores CT1 (corriente a 400V) y CT2 (corriente a 6000V). El primero alimentará a los subcuadros de menor potencia. Para aquella maquinaria de muy alta potencia (bombas de captación y bombas de alta presión), se pedirán estos equipos con motor a 6000V para facilitar la instalación con cable de mucha menor sección. Las secciones y protecciones se muestran en el cuadro de cálculo que se adjunta en este Anexo, así como el esquema unifilar en la documentación de planos.

Cada uno de los circuitos estará protegido a contactos directos e indirectos según la ITC-BT-24. Los circuitos eléctricos de alimentación a cada subcuadro serán independientes como se aprecia en la tabla de cálculo que acompaña a este anexo. Se incorporará protección diferencial y magnetotérmica por cada uno de ellos, que en caso de aquellos elementos de potencia muy alta serán uno por elemento.

El sistema de montaje consistirá en tubo rígido en montaje superficial o bandejas hasta las cajas de control y maniobra de cada equipo o subcuadro, fijados mediante abrazaderas y sellados en sus extremos con poliuretano, cumpliendo las características exigidas en la ITC-BT-21 y conforme a la norma UNE 20460-3. El tipo de cable será no propagador de incendio y baja opacidad de humos (libre de halógenos) para aislamiento 450/750V para alumbrado, 0,6-1kV para trifásico 400V y 6kV para tensión de 6000V.

2. Criterios de las bases de cálculo

Los criterios de elección a emplear serán los siguientes:

Criterio de intensidad:

Con la potencia de los distintos equipos se calcula la intensidad. Esta intensidad puede variar sustancialmente debido a los factores de corrección. En nuestro caso se han tenido en cuenta:

- Para la temperatura normal de diseño de 40°C: $F_c=1$
- Por el número de circuitos dentro de una misma canalización.
- Según el tipo de receptor, la potencia puede también variar. En el caso de los motores se le aplicará un 25% más según la ITC-BT-47.

Con la intensidad calculada y corregida con los factores de corrección anteriores, teniendo en cuenta que nuestras líneas interiores irán bajo tubo y grapadas a pared, seleccionamos la sección del conductor en la tabla 1 de la ITC-BT-19, para montaje unipolar o multiconductor bajo tubo y sobre pared, y cable EPR mono o trifásico.

$$I(A) = \frac{P}{V * \cos \varphi} * R \text{ en distribución monofásica con } V=230V$$

$$I(A) = \frac{P}{1.73 * V * \cos \varphi} * R \text{ en distribución trifásica con } U=400V$$

Donde:

I: intensidad máxima admisible (A).

P: potencia del receptor (W).

Cos φ : factor de potencia del receptor.

V: tensión (V).

R: rendimiento de líneas motor (1,25).

Criterio de caída de tensión:

Con la sección del cable debemos hacer una última comprobación, que es que el conductor no sufre caídas de tensión en toda su longitud hasta su llegada al receptor, y en su caso habría que variar la sección para garantizar la intensidad demandada por éste. Las caídas de tensión se fijan en 5% para fuerza y motores y 3% para alumbrado, no pudiendo superar éstas, según la ITC-BT-29. Su cálculo se realiza según la fórmula:

$$e\% = \frac{100 * 2 * L * P * R}{56 * S * V^2} \text{ en distribución monofásica con } V=230V$$

$$e\% = \frac{100 * L * P * R}{56 * S * V^2} \text{ en distribución trifásica con } U=400V$$

Donde:

- e%: caída de tensión en la línea (%).
- L: longitud de la línea (m).
- P: potencia del receptor (W).
- V: tensión del principio de la línea (V).
- S: sección del cable (mm²).
- R: rendimiento de líneas motor (1,25).

Verificación de caída de tensión en condiciones reales de utilización del conductor.

Teniendo en cuenta que las condiciones reales de servicio no son las normales de cálculo, se han realizado los cálculos teniendo en cuenta la conductividad de los conductores en las condiciones más desfavorables posibles, o sea a la temperatura de 40°C. Para esta temperatura la conductividad del cobre tiene el valor de 52 m/Ohmios·mm². Este es el valor utilizado en los cálculos de la sección de todos los circuitos de la instalación interior y de enlace. Con ello garantizamos que los conductores seleccionados cumplan los criterios de cálculo en las condiciones más difíciles de trabajo. O sea la temperatura prevista de servicio del conductor y la caída de tensión se mantienen dentro de los límites reglamentarios.

Los resultados de los cálculos de las caídas de tensión muestran que no superan el límite del 5% establecido como caída de tensión máxima para los circuitos de fuerza y el 3% para los circuitos de alumbrado.

A continuación mostramos unas tablas con todos los cálculos eléctricos:

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN CT1

ALUMBRADO

Concepto	Potencia (w)	Tensión (v)	Intens.(A)	I corr (A)	Sección (mm2)	Intens.máx (A)	Longitud (m)	Caída (%)	Tierra (mm2)	Simultaneidad	Potencia Simultanea	
SUBCUADRO 1: nave	5.000	230	21,74	21,74	4	34	30	1,772	4	1	5.000	
SUBCUADRO 2: oficinas y exter	5.000	230	21,74	21,74	4	34	45	2,658	4	1	5.000	
Potencia instalada	10.000										Potencia simultanea	10.000

FUERZA MOTRIZ

Concepto	Potencia (w)	Tensión (v)	Intens.(A)	I corr (A)	Sección (mm2)	Intens.máx (A)	Longitud (m)	Caída (%)	Tierra (mm2)	Simultaneidad	Potencia Simultanea	
SUBCUADRO 3: TC oficina	5.000	400	9,02	9,02	2,5	17,5	45	1,015	2,5	1	5.000	
SUBCUADRO 4: TC nave	10.000	400	18,04	18,04	2,5	17,5	30	1,353	2,5	1	10.000	
SUBCUADRO 5: booster	6.620	400	11,94	14,93	2,5	22	20	0,747	2,5	1	6.620	
SUBCUADRO 6: impulsión-1	55.780	400	100,64	125,80	70	171	50	0,562	35	1	55.780	
SUBCUADRO 7: impulsión-2	55.780	400	100,64	125,80	70	171	50	0,562	35	1	55.780	
SUBCUADRO 8: impulsión-3	55.780	400	100,64	125,80	70	171	50	0,562	35	0	-	
SUBCUADRO 9: LQ+dosific.	48.000	400	86,61	108,26	50	133	30	0,406	25	0	-	
Potencia instalada	236.960										Potencia simultanea	133.180

TENSIÓN DE SALIDA (SECUNDARIO)	230/400 V
POTENCIA SIMULTANEA TOTAL (kW)	143,18
KVAS	178,98
POTENCIA TRANSFORMADOR	250 kVAs

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN CT2

FUERZA MOTRIZ

Concepto	Potencia (w)	Tensión (v)	Intens.(A)	I corr (A)	Sección (mm2)	Intens.máx (A)	Longitud (m)	Caída (%)	Tierra (mm2)	Simultaneidad	Pot. Simultanea	
SUBCUADRO 10: captación 1	129.430	6000	15,57	19,46	4	30	65	0,13	4	1	129.430	
SUBCUADRO 11: captación 2	129.430	6000	15,57	19,46	4	30	70	0,14	4	0	-	
SUBCUADRO 12: BAP-1	260.870	6000	31,38	39,22	10	52	20	0,03	10	1	260.870	
SUBCUADRO 13: BAP-2	260.870	6000	31,38	39,22	10	52	25	0,04	10	0	-	
Potencia instalada	780.600										Potencia simultanea	390.300

TENSIÓN DE SALIDA (SECUNDARIO)	6000 V
POTENCIA SIMULTANEA TOTAL (kW)	390,30
KVAS	487,88
POTENCIA TRANSFORMADOR	630 kVAs

PROTECCIONES

CONCEPTO	POTENCIA (w)	Tensión de cálculo (V)	I corr (A)	Cable (mm2) Cuadro Principal - subcuadro	I max. Admisible (A)	Protección Termica	Protección diferencial
SUBCUADRO 1: nave	5.000	230	21,74	EPR 2x4+T	34	2x25A	2x25A 30mA
SUBCUADRO 2: oficinas y exter	5.000	230	21,74	EPR 2x4+T	34	2x25A	2x25A 30mA
SUBCUADRO 3: TC oficina	5.000	400	9,03	EPR 4x2,5+T	22	4x15A	4x25A 30mA
SUBCUADRO 4: TC nave	10.000	400	18,06	EPR 4x2,5+T	22	4x20A	4x25A 30mA
SUBCUADRO 5: booster	6.620	400	14,95	EPR 4x2,5+T	22	4x20A	4x25A 300mA
SUBCUADRO 6: impulsión-1	55.780	400	125,95	EPR 3,5x70+T	171	4x150A	4x150A 300mA
SUBCUADRO 7: impulsión-2	55.780	400	125,95	EPR 3,5x70+T	171	4x150A	4x150A 300mA
SUBCUADRO 8: impulsión-3	55.780	400	125,95	EPR 3,5x70+T	171	4x150A	4x150A 300mA
SUBCUADRO 9: LQ+dosific.	48.000	400	108,38	EPR 3,5x50+T	133	4x125A	4x150A 300mA
SUBCUADRO 10: captación 1	129.430	6000	19,48	EPR 4x4+T	30	4x25A	4x50A 300mA
SUBCUADRO 11: captación 2	129.430	6000	19,48	EPR 4x4+T	30	4x25A	4x50A 300mA
SUBCUADRO 12: BAP-1	260.870	6000	39,27	EPR 4x10+T	52	4x50A	4x50A 300mA
SUBCUADRO 13: BAP-2	260.870	6000	39,27	EPR 4x10+T	52	4x50A	4x50A 300mA

C. TRANSFORMADORA	POTENCIA (w)	Tensión de cálculo (V)	I corr (A)	Cable CT - Cuadro principal (mm2)	I max. Admisible (A)	Protección Termica	Protección diferencial
POTENCIA (Kw) CT1	200.000,00	400	451,59	EPR 2(3,5x120)+T	480	4x500A	4x500A
POTENCIA (Kw) CT2	504.000,00	6000	75,87	EPR 3,5x25+T	88	4x100A	4x125A

ANEXO VIII. HOJAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

1. Introducción

En este anexo se adjuntan todas las fichas técnicas de los equipos utilizados en el diseño de la instalación objeto y las fichas de seguridad de los productos químicos.

- Bombas de captación
- Bombas de alta presión y bombas de impulsión de agua producto
- Bomba de llenado del tanque de lavado químico
- Bomba booster
- Bombas de limpieza química
- Filtros de malla automáticos
- Filtros de cartuchos
- Intercambiador de presión ERI
- Tubos de presión
- Membranas
- Depósitos de productos químicos
- Depósito de agua producto
- Fichas de seguridad de los reactivos químicos

LUXON AZUD

LFH

Gama de filtros automáticos de malla, de control hidráulico, aptos para todas las aplicaciones y con un amplio rango de grados de filtrado, con la garantía de calidad de AZUD.



VENTAJAS:

- ✓ **Eficiencia energética:** El consumo en el ciclo de lavado es mínimo.
- ✓ **Amplio rango de filtración:** Grados de filtrado de 80 a 1.000 micron.
- ✓ **Versatilidad:** Gama de 4" a 12" // 100-300 mm.
- ✓ **Resistencia:** Soporta hasta 60° C (140° F).
- ✓ **Gran superficie filtrante:** Hasta 12000 cm² (1860 in²).
- ✓ **Material resistente:** La malla es de acero inoxidable de alta calidad resistente a la corrosión.
- ✓ **Ahorro de tiempo:** El proceso de filtración continúa de manera simultánea al ciclo de lavado.
- ✓ **Facilidad en la instalación:** Los equipos son proporcionados listos para instalar.

Existen soluciones para trabajar con presiones superiores a 10 bar / 145 psi o con agua salada. Unidad de control incluida.

TECNOLOGÍA

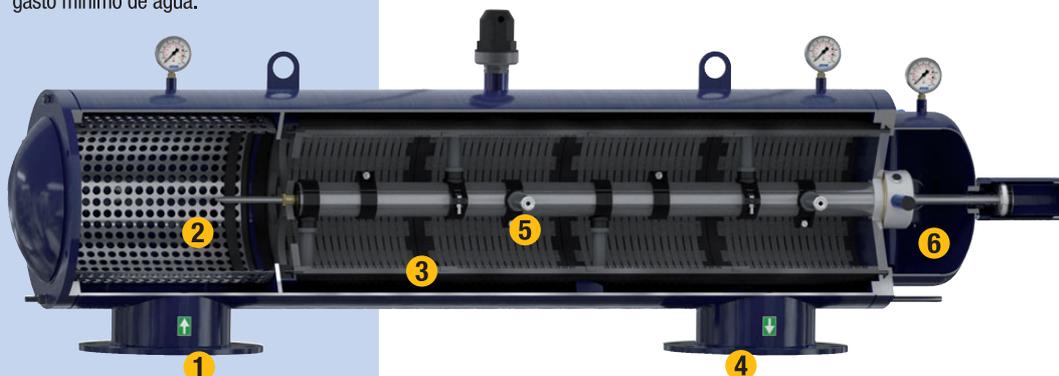
Los filtros AZUD Luxon mantienen sin interrupción el suministro de agua filtrada durante el ciclo de lavado.

El agua ingresa al sistema (1) y se encuentra con un pre-filtro (2). Lo atraviesa y fluye al interior del filtro.

Después, el agua pasa a través de la malla (3), de manera que las partículas quedan retenidas en la cara interna del elemento filtrante. El agua ya filtrada continúa su trayecto hasta el colector de salida (4).

Cuando se produce un incremento del diferencial de presión se provoca el inicio del ciclo de limpieza. Se abre una válvula hidráulica situada en la salida de drenaje, lo que crea una succión en el extremo de las boquillas interiores del filtro (5). Estas, sujetas a un movimiento helicoidal a lo largo de la malla, aspiran las partículas filtradas. La suciedad se expulsa por el drenaje (6).

El tiempo de duración de este proceso está preestablecido por el controlador. Cuando se cumple, la válvula de lavado se cierra y finaliza el proceso de limpieza, con un gasto mínimo de agua.



Modelo	CONEXIÓN DN				Superficie filtrante	
	Brida entrada-salida		Válvula de drenaje-hembra			
	"	mm	"	mm	cm ²	in ²
AZUD LUXON LFH 2400/4	4"	100	2"	63	2400	370
AZUD LUXON LFH 4800/6	6"	150	2"	63	4800	745
AZUD LUXON LFH 7200/6	6"	150	2"	63	7200	1115
AZUD LUXON LFH 7200/8	8"	200	2"	63	7200	1115
AZUD LUXON LFH 9600/8	8"	200	2"	63	9600	1490
AZUD LUXON LFH 12000/10	10"	250	2"	63	12000	1860

Todos los modelos con conexión de brida. DIN 2576
Consulte otras configuraciones en www.azud.com

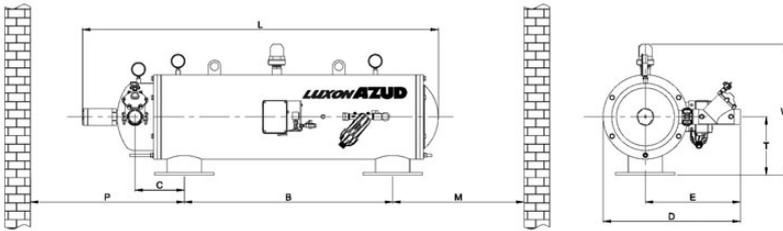
MATERIALES

Carcasa filtro	Acero al carbón revestido de epoxi-poliéster (S-235-JR recubierto de EPOXI-POLIÉSTER)
Elemento filtrante	Acero inoxidable AISI-316-L. Estructura de PVC
Escáner	Acero inoxidable 304
Elementos de sellado	NBR
Válvula de drenaje	Polipropileno
Ventosa	1" BSP Triple efecto. Fabricada en plástico técnico

Unidad de control a pilas o a 220V AC incluida.
Presión máx. 10 bar / 145 psi. **Presión mín.** 2,5 bar / 36,3 psi.
Temperatura máx. 60° C / 140 F

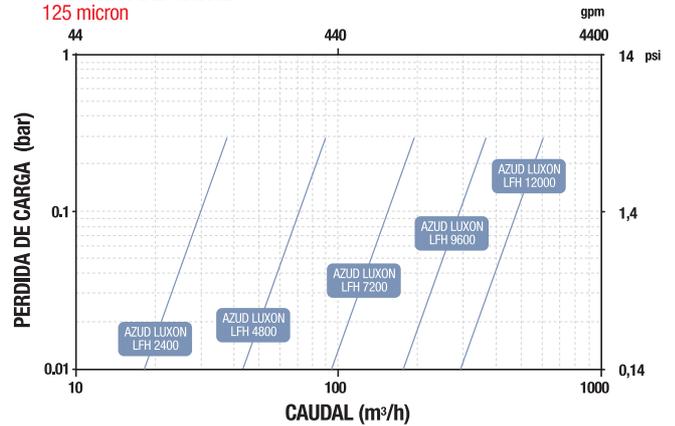
Modelo	CONEXIÓN		FILTRACIÓN				CICLO DE LAVADO				
	Brida entrada-salida		Superficie filtrante		Caudal máximo		Caudal		Tiempo	Volumen	
	"	mm	cm ²	in ²	m ³ /h	gpm	l/s	gpm	s	l	g
AZUD LUXON LFH 2400/4	4"	100	2400	370	80	350	0,8	13	18	15,5	4,1
AZUD LUXON LFH 4800/6	6"	150	4800	745	150	660	1,4	22	25-30	45	12
AZUD LUXON LFH 7200/6	6"	150	7200	1115	150	660	3,3	53	25-30	100	26
AZUD LUXON LFH 7200/8	8"	200	7200	1115	260	1145	3,3	53	25-30	100	26
AZUD LUXON LFH 9600/8	8"	200	9600	1490	300	1320	5,3	84	25-30	160	42
AZUD LUXON LFH 12000/10	10"	250	12000	1860	435	1915	6,4	101	25-30	215	57

El caudal dado por filtro condiciona la frecuencia de la activación del lavado.
Caudal máximo recomendado, 125 micron y agua de calidad buena.
Mínima presión de lavado: 2,5 bar / 36,3 psi en colector de salida.
Consulte otros grados de filtrado.



PERDIDA DE CARGA

125 micron



Modelo	DIMENSIONES										PESO											
	L		W		D		B		C		E		T		M		P		Peso filtro lleno		Peso filtro vacío	
	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	kg	lb	kg	lb
AZUD LUXON LFH 2400/4	1162	46	630	25	660	26	360	14	273	11	456	18	280	11	687	27	860	34	179	394	62	137
AZUD LUXON LFH 4800/6	1435	56	630	25	660	26	770	30	215	8	456	18	280	11	610	24	798	31	237	523	75	165
AZUD LUXON LFH 7200/6	1710	67	630	25	660	26	1000	39	237	9	456	18	280	11	635	25	1100	43	293	645	90	198
AZUD LUXON LFH 7200/8	1710	67	630	25	660	26	900	35	237	9	456	18	280	11	685	27	1150	45	299	659	96	212
AZUD LUXON LFH 9600/8	1985	78	630	25	660	26	1100	43	325	13	456	18	280	11	820	32	1460	57	438	968	131	289
AZUD LUXON LFH 12000/10	2260	89	630	25	660	26	1370	54	328	13	456	18	280	11	820	32	1740	69	457	1007	164	362

Todos los modelos con conexión de brida. DIN 2576

M-P = Mínima distancia recomendada para operaciones de mantenimiento.

Consulte otras configuraciones en www.azud.com

Multi Cartridge Housings

Municipal/Industrial

Designed to accept 40" Nominal Length Cartridges.

- HMC Series Filter Housings are designed with a universal bottom plate to accept 2-3/4" or 2-1/2" diameter cartridges with DOE (double open end), 222/Flat and 222/Fin end cap configurations.

Features

- ▶ 304 stainless steel construction, standard
- ▶ 304 stainless steel components - includes cap/spring and V post, standard
- ▶ 150 PSI (10.3 bar) pressure rating
- ▶ Multiple hold-down plates to accept DOE, 222/Flat and 222/Fin style cartridges
- ▶ Built to ASME design standards
- ▶ Bead blast finish, standard
- ▶ Assisted davit arm closure - 12 round and larger
- ▶ Two gauge ports - inlet and outlet sides
- ▶ Two drains provided - inlet and outlet fluids
- ▶ Adjustable top plates to accept 30" nominal length cartridges available upon request

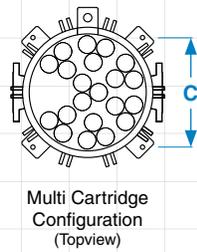
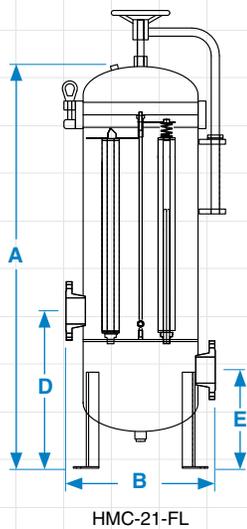
Options:

ASME Code U-stamp
Electropolished
316 stainless steel construction



Applications

- ▶ Industrial Waste Water Treatment
- ▶ Industrial Process (High Purity) Applications
- ▶ Ground Water Under Direct Influence (GWUDI)
- ▶ Surface Water Treatment Rule (SWTR) LT2
- ▶ Reverse Osmosis Pre-filtration
- ▶ Municipal Drinking Water
- ▶ Cooling Tower Filtration
- ▶ Ground Water Remediation



Multi Cartridge Configuration (Topview)



HMC-5



HMC-7



HMC-12-FL



HMC-21-FL

Not Shown: HMC-36-FL, HMC-51-FL

Ordering Information

Filter Model	Max Flow Rate* (GPM)	Max Flow Rate* (LPM)	Max Flow Rate* (M ³ /Hr)	A Filter Ht	B Width	C Diameter	D Inlet	E Outlet	I/O Size	I/O Type	Drain Size	Weight (lbs)
HMC-5	150	508	36	55.4"	13"	8.1"	13.8"	9.8"	2"	FNPT	1" FNPT	104
HMC-7	200	757	42	56.9"	14.4"	9.2"	14-1/2"	10-3/8"	2"	FNPT	1" FNPT	130
HMC-12-FL	300	1,135	75	66.9"	18-7/8"	13-9/16"	19-11/16"	12-13/16"	3"	FL	1" FNPT	425
HMC-21-FL	600	2,271	150	71.9"	23"	23"	24-1/4"	15-1/8"	4"	FL	1" FNPT	560
HMC-36-FL	1,000	3,785	227	76.1"	27-1/2"	28"	27-1/2"	16-7/8"	6"	FL	1" FNPT	695
HMC-51-FL	1,400	5,299	318	78"	31-5/16"	22-15/16"	29-5/8"	17-5/8"	6"	FL	1.5" FNPT	832

*Flow rates shown above are for guidelines only. Actual flow rates are based on cartridge type, micron rating, viscosity, solids content and other factors. For complete flow and pressure drop information please refer to your cartridge manufacturer guidelines.

Specifications

- ▶ **Finish** - bead blast
- ▶ **Inlet/Outlet** - FNPT on HMC-5, -7; flanged on HMC-12, -21, -36 and -51
- ▶ **Construction** - 304 stainless steel; built to ASME design standards
- ▶ **Pressure** - up to 150 PSI (10.3 bar) max
- ▶ **Closure** - BUNA o-ring housing seal with swing bolt closure
- ▶ **Temperature** - up to 250°F (121°C), filter housing only

End Caps

Harmsco® Multi Cartridge Housings come standard with alternative compression/hold down plates that allow for the use of DOE, 222/Flat or 222/Fin end caps.



DOE



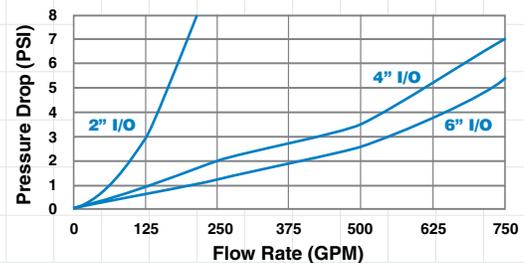
222



Fin

Pressure Drop

Based on 2", 4" and 6" inlet/outlet housings, without cartridges.



Note: This publication is to be used as a guide. The data within has been obtained from many sources and is considered to be accurate. Harmsco does not assume liability for the accuracy and/or completeness of this data. Changes to the data can be made without notification. Temperature, Pressure, Flow Rates, Differential Pressures, Chemical Combinations and other unknown factors can affect performance in unknown ways. **Limited Warranty:** Harmsco warrants their products to be free of material and workmanship defects. Determination of suitability of Harmsco products for uses and applications contemplated by Buyer shall be the sole responsibility of Buyer. The end user/installer/buyer shall be liable for the product's performance and suitability regarding their specific intended applications. End users should perform their own tests to determine suitability for each application.



HARMSCO® Filtration Products

P.O. Box 14066, North Palm Beach, FL 33408

(561) 848-9628 • Toll-free: (800) 327-3248 • Fax: (561) 845-2474 • E-mail: sales@harmsco.com

www.harmsco.com



All-Poly Absolute Rated

99.98 Efficiency (Beta 5000)

Pleated Polypropylene Cartridges

Harmsco® High Purity Pleated Cartridges are manufactured for use in most applications where absolute rated filtration is needed.

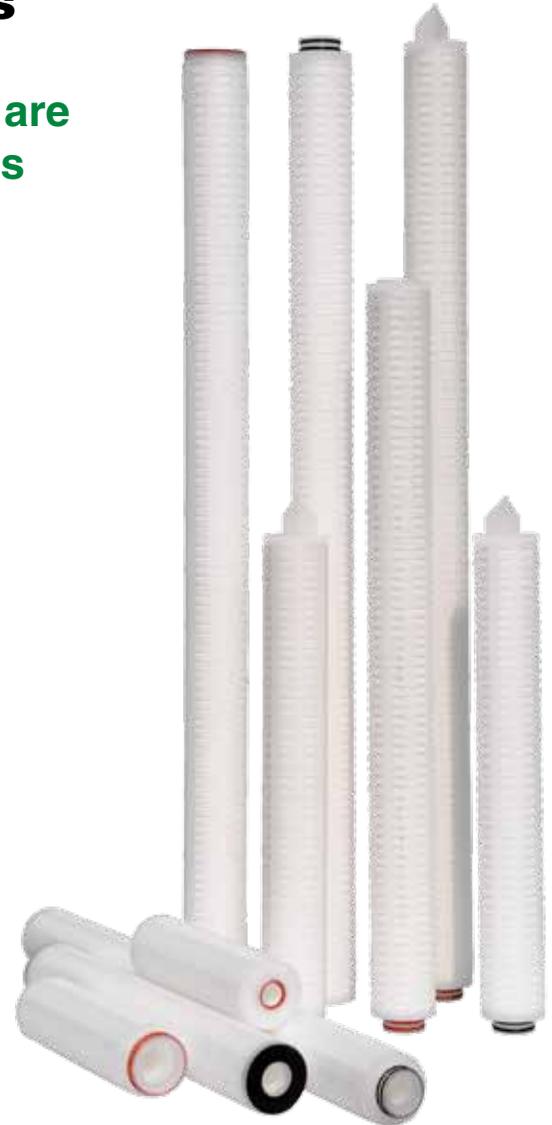
- Long service life
- High flow rates
- Low pressure drop
- High permeability

Features

- ▶ 100% polypropylene; nothing to leach/contaminate
- ▶ High efficiency for critical filtration applications
- ▶ Pleated design for extended surface area
- ▶ Polypropylene end cap, thermally welded to media, cage and core
- ▶ USP Class VI - 121°C (250°F) for plastics
- ▶ 6.5 square feet of filtration media per 9-3/4" cartridge
- ▶ Offered in multiple lengths and end cap configurations to fit in competitive filter housings
- ▶ FDA Listed Materials: Manufactured from materials which are listed for food contact applications in Title 21 of the U.S. Code of Federal Regulations

Applications

- ▶ Food & Beverage
- ▶ Cosmetics
- ▶ Photographic Solutions
- ▶ Reagent and Electronic Grade Chemicals
- ▶ Bottled Water
- ▶ Prefiltration Prior To Membrane Filters
- ▶ DI and RO Feedwater Prefiltration
- ▶ Magnetic Media Chemicals
- ▶ Process Water
- ▶ Fine Chemicals
- ▶ Plating Chemicals
- ▶ Wastewater
- ▶ Pharmaceuticals and Biologicals
- ▶ Ophthalmics



Pleated Polypropylene Cartridges



Specifications

Construction Materials

Filtration Media Polypropylene
Support Media Polypropylene
End Caps Polypropylene
Center Core Polypropylene
Outer Support Cage Polypropylene
O-rings/Gaskets Buna, Viton, EPDM, Silicone, Teflon® Encapsulated Viton

Toxicity

All polypropylene components meet the specifications for biological safety per USP Class VI: 250°F (121°C) for plastics.

Dimensions

Length: 10 to 40 inches (25.4 to 101.6 cm) nominal
Outside Diameter: 2.7 inches (7.0 cm) nominal

Media Surface Area

6.5 square feet per 9-3/4" length

Maximum Recommended Operating Conditions

Change Out ΔP 35 PSI
Temperature 180°F (82°C)

FDA Listed Materials

Manufactured from materials which are listed for food contact applications in Title 21 of the U.S. Code of Federal Regulations.

Sanitization/Sterilization

Filtered Hot Water 194°F (90°C)

Chemical Sanitization - Industry standard concentrations of hydrogen peroxide, peracetic acid, sodium hypochlorite and other selected chemicals.

Cartridge Selection/Sizing Guide

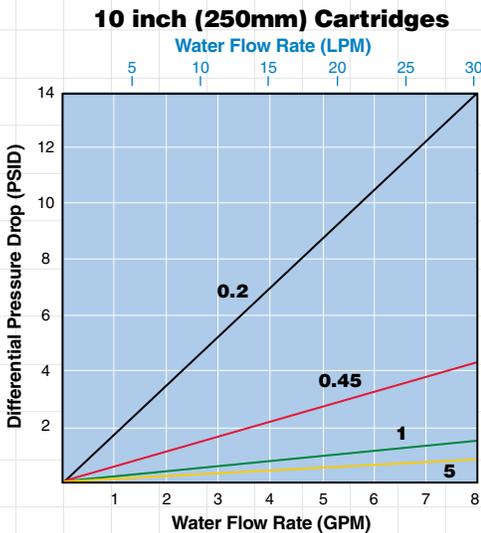
Packed 12 per case, with cartridges individually bagged and cartoned.

✓ Model	✓ Length	✓ Micron Size	✓ End Cap Code	✓ O-Rings/Gaskets	✓ Adders
PP	975 (9-3/4")	0.2	DOE (double open end)	E (EPDM)*	I (stainless steel insert)
	195 (19-1/2")	0.45	213 (internal o-ring)	B (Buna)	HP (heavy poly core)
	20 (20")	1	222 (flat cap)	S (Silicone)	
	2925 (29-1/4")	5	222-F (fin)	V (Viton)	
	30 (30")		222-S (spring)	T (Teflon Encapsulated Viton)	
	40 (40")		226 (flat cap)		
			226-F (fin)		
			226-S (spring)		

Example: PP – 195 – 0.2 – 222-F – E

*EPDM is standard for all o-rings and gaskets, unless otherwise noted.

Flow Rate



Cartridge End Cap Configurations



Note: This publication is to be used as a guide. The data within has been obtained from many sources and is considered to be accurate. Harmsco does not assume liability for the accuracy and/or completeness of this data. Changes to the data can be made without notification. Temperature, Pressure, Flow Rates, Differential Pressures, Chemical Combinations and other unknown factors can affect performance in unknown ways. **Limited Warranty:** Harmsco warrants their products to be free of material and workmanship defects. Determination of suitability of Harmsco products for uses and applications contemplated by Buyer shall be the sole responsibility of Buyer. The end user/installer/buyer shall be liable for the product's performance and suitability regarding their specific intended applications. End users should perform their own tests to determine suitability for each application.



HARMSCO® Filtration Products

P.O. Box 14066, North Palm Beach, FL 33408

(561) 848-9628 • Toll-free: (800) 327-3248 • Fax: (561) 845-2474 • E-mail: sales@harmsco.com

www.harmsco.com



Made in USA

© Harmsco, Inc. 42B 15 3/13

Membrane Element

SWC6-LD (Low Fouling Technology)

Performance:

Permeate Flow:	6,000 gpd (22.7 m ³ /d)	High Flow:	12,000 gpd (45.5 m ³ /d)
Salt Rejection:	99.6% (99.4 % min)		99.8 % (99.7 % min)
Boron Rejection (Typical) [†] :	83.0%		91.0%
Applied Pressure:	600 psi (4.1 MPa)		800 psi (5.4 MPa)

Type

Configuration:	Spiral Wound
Membrane Polymer:	Composite Polyamide
Membrane Active Area:	400 ft ² (37.2m ²)
Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm) with biostatic agent

Application Data*

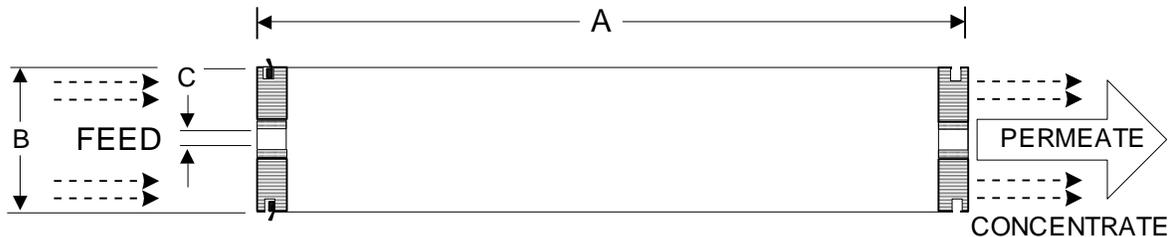
Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /h)
Minimum 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. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

Test Conditions

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

- 32,000 ppm NaCl
- 600 psi (4.1 Mpa) Applied Pressure
- 77 °F (25 °C) Operating Temperature
- 10% Permeate Recovery
- 6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	33 (15)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary +25% or -15%. Membrane active area may vary +/-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

[†] When tested at standard test conditions with 5.0 ppm Boron in feed solution.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 10/07/13



CodeLine™

Pentair Water

Performance Industry Trusts

**High Flow
Membrane Housings**

80H Series



With over 400,000 vessels in service world-wide, for three decades, CodeLine™ has been setting the standards in the industry with continuous innovation and uncompromising reliability making it the most trusted name in the water treatment industry.

Features

- ◆ Side Entry Design
- ◆ Available in pressure ratings of 150, 300, 450, 600, 1000 & 1200 psi
- ◆ Can accommodate any standard make of 8" membrane element

Benefits

- ◆ Mirror finish I.D for easy & quick loading & unloading of membranes.
- ◆ Multi-Porting option for connecting vessels to each other.
- ◆ High operation temperature up to 190°F comes as a standard feature.
- ◆ Quick lock head retention system for quick access to membranes.
- ◆ Exteriors coated with high gloss polyurethane paint for UV resistance.
- ◆ ASME compliant & CE marking.
- ◆ Octagonal shape provides flat surface for superior and reliable sealing of side ports.
- ◆ Threaded side ports for quick and easy onsite maintenance/serviceability.
- ◆ 80H series comes with side-port option of 3.0" for high flow rates, further cutting down investment on manifolds.

Specifications: 80H Series

Model	Drawing Number	Design/Operating Pressure	Max. Operating Temperature	Qualification Pressure	Element Length
80H15	99165	150 PSI / 10 Bar	190°F / 88°C	900 PSI / 62 Bar	1 - 8
80H30	99166	300 PSI / 20 Bar	190°F / 88°C	1800 PSI / 124 Bar	1 - 8
80H45	99167	450 PSI / 31 Bar	190°F / 88°C	2700 PSI / 186 Bar	1 - 8
80H60	99168	600 PSI / 41 Bar	190°F / 88°C	3600 PSI / 248 Bar	1 - 8
80H100	99169	1000 PSI / 68 Bar	150°F / 66°C	6000 PSI / 413 Bar	1 - 8
80H120	99170	1200 PSI / 82 Bar	150°F / 66°C	7200 PSI / 496 Bar	1 - 8

- Please refer to sales drawings for multi-port options.
- ASME stamped vessels available on request.
- All specifications mentioned are subject to change without prior notice.

CodeLine™ : Setting the Standards of Quality

CodeLine™ is committed to quality. Each vessel is subject to rigorous quality inspection and hydro-testing before shipping. Pentair's quality certifications follow from independent and separate accreditations for materials, standards and practices at its manufacturing facility.



AUTHORIZED USER OF
ASME CODE SYMBOL

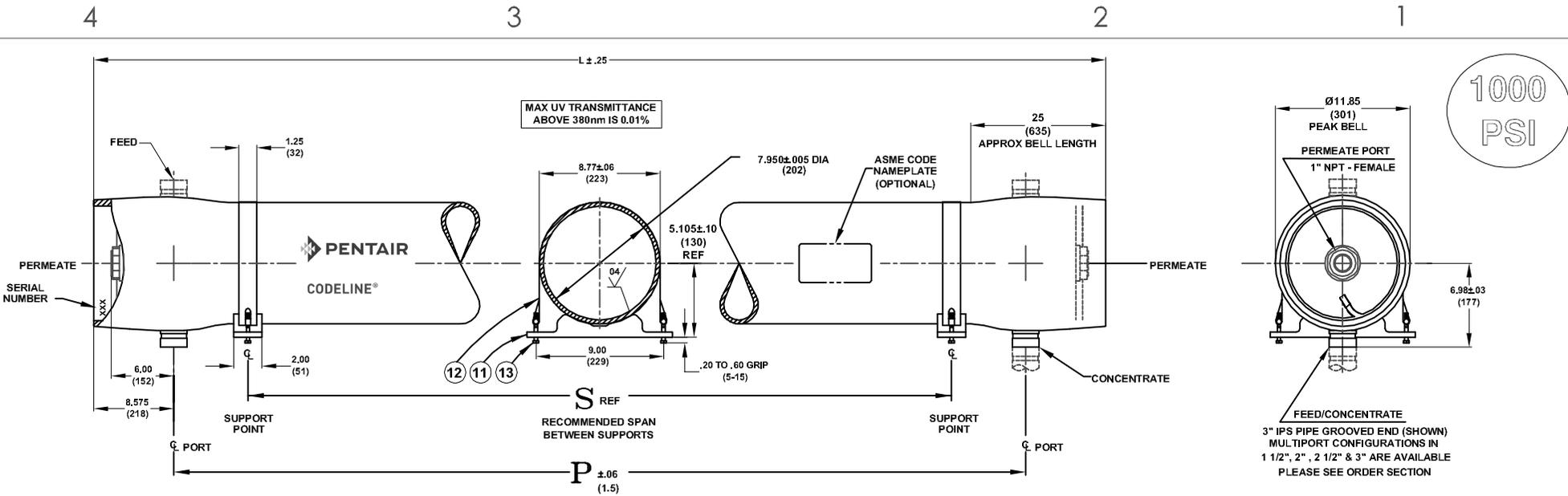
CodeLine™ is a part of Pentair, a global diversified operating company serving the commercial, industrial, municipal and residential markets through innovative solutions under strong brand names. Pentair's Water Segment – including global Filtration, Flow Technologies, and Pool and Spa businesses – helps deliver safe, clean water to people who need it. Pentair's Technical Products Segment helps protect electrical and electronic equipment and the people who use it. With 13,000 employees worldwide, Pentair generated 2009 sales of \$2.7 billion.

CONTACTS: AUSTRALIA +61-3-9574-4154
 CHINA +86-21-3211-4588
 INDIA +91-832-288-3300
 MIDDLE EAST +971-6-0052-2269
 SINGAPORE +65-6795-2213
 SPAIN +34-635-2211-56
 UNITED KINGDOM +44-77-6879-3901
 USA +1-440-279-2835

For more information, log on to www.codeline.com Or write to info@codeline.com



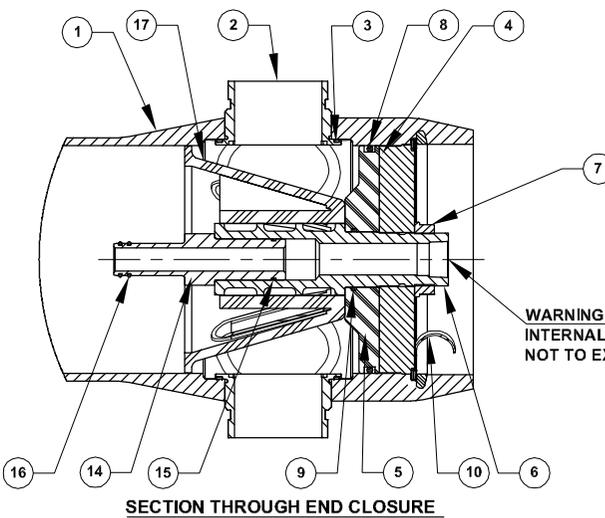
**Pentair
Water**



DWG REF	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
SHELL				
1	1	ORDER SECTION	SHELL	Filament Wound Epoxy/Glass composite - Head locking grooves integrally wound in place.
2	A/R		F/C Port	CD3MWCuN *
3	A/R		F/C Port Seal	Ethylene Propylene
HEAD				
4	2	96158	Bearing Plate	6061-T6 Aluminium alloy - Hard anodized*
5	2	96159	Sealing Plate	Engineering Thermoplastic.
6	2	96161	Permeate Port	Engineering Thermoplastic.
7	2	45066	Port Nut	Engineering Thermoplastic.
8	2	96000	Head Seal	Ethylene Propylene - O - Ring
9	2	45312	Perm Port Seal	Ethylene Propylene - O - Ring
HEAD INTERLOCK				
10	2	47336	Quick Release Spiral Ring	316 Stainless Steel.
VESSEL SUPPORT				
11	+2	52169	Saddle	Engineering Thermoplastic.
12	+2	45042	Strap Assy.	304 Stainless Steel-PVC Cushion.
13	4	46265	Strap screw.	5/16-18 UNC, 18-8 Stainless Steel.
ELEMENT INTERFACE				
14	2	A/R	Adapter	Engineering Thermoplastic.
15	2	52245	Adapter seal	Ethylene Propylene - O - Ring
16	4	A/R	PWT Seal	Ethylene Propylene - O - Ring
17	1	96163	Thrust Cone	Engineering Thermoplastic.

* 3 each furnished with length code 4,5,6,7,8.

VIEW AT CENTER SUPPORT
 CENTER VESSEL ON 2 OR 3 SUPPORTS
 AT SPAN(S) "S" : 3 SUPPORTS REQUIRED
 FOR LENGTHS -4 AND ABOVE



WARNING ⚠
 INTERNAL PORT PRESSURE
 NOT TO EXCEED 125 PSI #

- NOTES:-**
- ♦ MAX. ANGULAR VARIATION BETWEEN ANY PORTS ±0.5°.
 - ♦ DIMENSION IN INCHES (MM APPROX.)
 - ♦ SHELL EXTERIOR COATED WITH WHITE, HIGH GLOSS POLYURETHANE PAINT.
 - ♦ NOT TO BE USED FOR CONSTRUCTION UNLESS CERTIFIED.
 - ♦ ITEM 17 DOWNSTREAM ONLY.
 - ♦ GRADE CD3MWCuN AS PER ASME SA-995 (J93380).
 - ♦ 600 PSI FOR METALLIC PERMPORTS
 - ♦ FOR OPTIONAL PART NUMBERS, REFER PAGE 3.
 - ** WEIGHTS GIVEN IN THE TABLE ARE FOR HIGHEST CONFIGURATION AND WILL VARY WITH CHANGE IN CONFIGURATION

CAUTION: INCORRECT MANIFOLDING WILL CAUSE SEVERE LOCAL STRESS AROUND PORT AND MAY RESULT IN LEAKS AND PREMATURE FAILURE; TAKE EVERY PRECAUTION LISTED ON REVERSE, SEE INSTALLATION INSTRUCTIONS FOR FURTHER DETAILS

PO NUMBER	
CUSTOMER NAME	
PROJECT NAME	
TOTAL QUANTITY	

PORT CONFIGURATION DETAILS	
PORT CONFIG	VESSEL QUANTITY

Dash Length	L IN(MM)	P IN(MM)	S IN(MM)	Approx Weight LB(KG)
-1	64.15 (1629)	47 (1194)	10X1 (254)	145 (66)
-2	104.15 (2645)	87 (2210)	50X1 (1270)	179 (81)
-3	144.15 (3661)	127 (3226)	80X1 (1626)	213 (97)
-4	184.15 (4677)	167 (4242)	64X2 (1626)	248 (112)
-5	224.15 (5693)	207 (5258)	78X2 (1981)	282 (128)
-6	264.15 (6709)	247 (6274)	92X2 (2337)	316 (143)
-7	304.15 (7725)	287 (7290)	106X2 (2692)	347 (157)
-8	344.15 (8741)	327 (8306)	120X2 (3048)	381 (173)



MODEL - 80H100
 MEMBRANE HOUSING

DRAWN DATE	PGS 27 JAN 06	ECN 3236	DWG. NO. 99169	REV. P	
CHECKED DATE	MD 27 JAN 06				
APPROVED DATE	RM 27 JAN 06	DATE 25APR14	SCALE NONE	SIZE A3	SHEET 1 OF 3

4

3

2

1

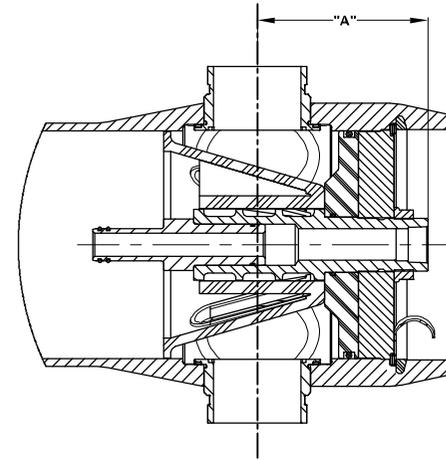
BEARING PLATE PART NUMBERS		
PERMEATE PORT SIZE	ALUMINIUM	SS316L
1.0"/1.25"	96158	96475
1.5"	96343	97370

SEALING PLATE PART NUMBERS	
Standard used for Aluminium BP	96159
Optional used for SS316L BP	97404

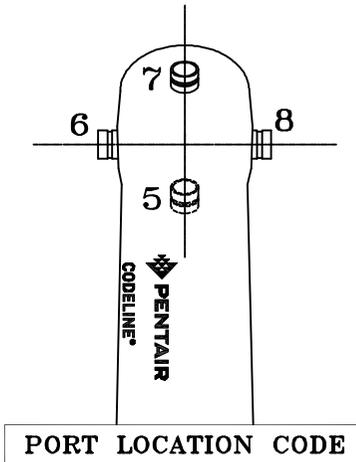
PERM PORT RETAINER RING & PORT NUT PART NUMBERS		
1.0" / 1.25"	Standard Port nut	45066
1.5"	Port Retainer Ring	45247

STRAP ASSEMBLY PART NUMBERS		
SS304	SS316	SS316L
45042	46926	94371

F/C PORT & SEAL PART NUMBER			
SIZE	***CD3MWCuN	**CE3MN	SEAL
3"	96562	96883	96119
2.5"	96385	96954	96079
2.0"	96645	96907	96078
1.5"	96469	96725	96077



SECTION THROUGH END CLOSURE



PORT LOCATION CODE

PERMEATE PORT PART NUMBERS & PERMPORT TO F/C PORT OFFSET DISTANCE											
SIZE	MATERIAL	FNPT		MNPT		BSPTF		BSPTM		IPS GROOVED	
		PART NUMBER	DIM "A"								
1.0"	NORYL	96161	6.008	97378	7.008	97664	6.008	97384	7.008	97689	7.238
	SS316L	97247	6.008	97379	7.008	97382	6.008	97385	7.008	97388	7.308
	#ZERON 100	97295	6.008	97380	7.008	97383	6.008	97386	7.008	97389	7.308
1.25"	NORYL	NA	NA	97665	7.008	NA	NA	97666	7.008	97667	7.238
	SS316L	NA	NA	97390	7.008	NA	NA	97392	7.008	97167	7.308
	#ZERON 100	NA	NA	97391	7.008	NA	NA	97393	7.008	97395	7.308
1.5"	NORYL	NA	NA	97668	6.608	NA	NA	97399	6.608	97669	7.238
	SS316L	NA	NA	97397	6.608	NA	NA	97400	6.608	97448	7.238
	#ZERON 100	NA	NA	97398	6.608	NA	NA	97401	6.608	97403	7.238

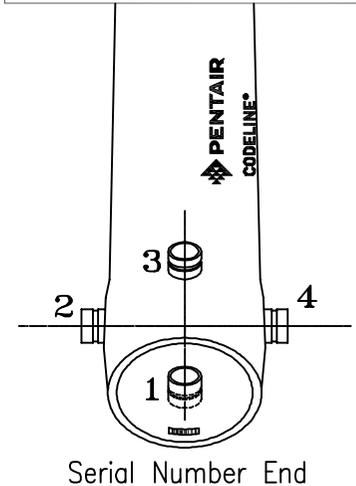
NOTES

DIMENSION IN INCHES (MM APPROX.)

** GRADE CE3MN AS PER ASME SPEC SA-995 (UNS-J93404)

*** GRADE CD3MWCuN AS PER ASME SPEC SA-995 (J 93380)

GRADE ZERON 100 AS PER ASME SPEC SA-479.



Serial Number End

PENTAIR
CODELINE®

DRAWN	KPS	MODEL - 80H100			
	16 OCT 10	MEMBRANE HOUSING			
CHECKED	RD	DATE	DWG. NO.	REV.	
	16 OCT 10	25APR14	99169	P	
APPROVED	RM	ECN	SCALE	SIZE	SHEET
	16 OCT 10	3236	NONE	A3	3 OF 3

4

3

2

1

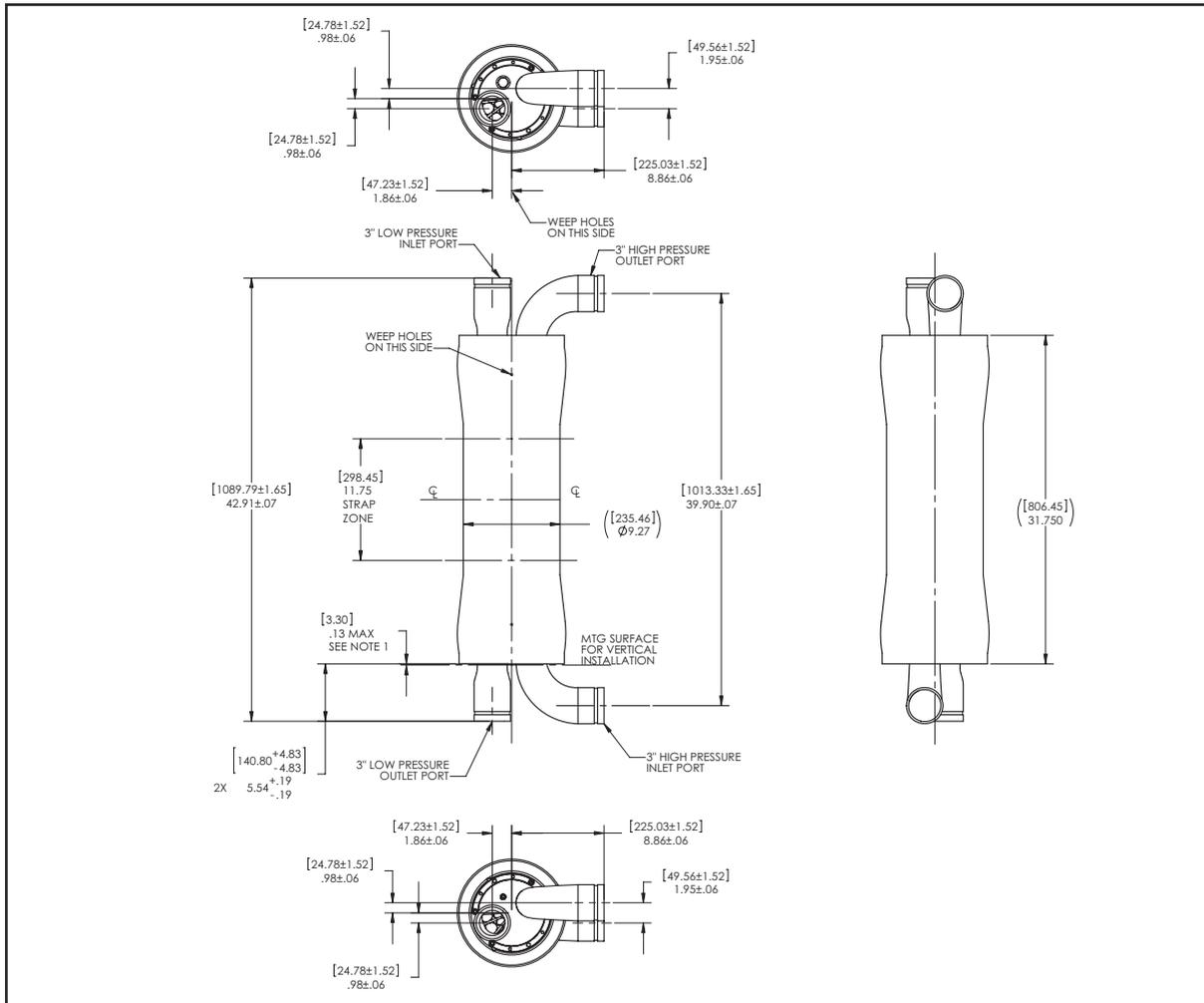
B

B

A

A

External Dimensions and Piping Details



Model	Capacity m ³ /hr (gpm)	Connections (4X) inches	Shipping Dimensions mm (inches)	Shipping Weight kg (lbs)
PX-260	50 – 59 (220 – 260)	3	1219 x 1016 x 483 (48 x 40 x 19)	109 (240)

See ERI® Document Number 400018 current revision for assembly dimensions and component bill of materials.

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWINGS IS THE SOLE PROPERTY OF ENERGY RECOVERY, INC.
ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT WRITTEN PERMISSION OF ENERGY RECOVERY, INC. IS PROHIBITED

©2009, ENERGY RECOVERY, INC.



Energy Recovery, Inc.
1908 Doolittle Drive
San Leandro, CA 94577
TEL +1 (510) 483-7370
FAX +1 (510) 483-7371
EMAIL info@energyrecovery.com
WEB www.energyrecovery.com



Making Desalination Affordable®

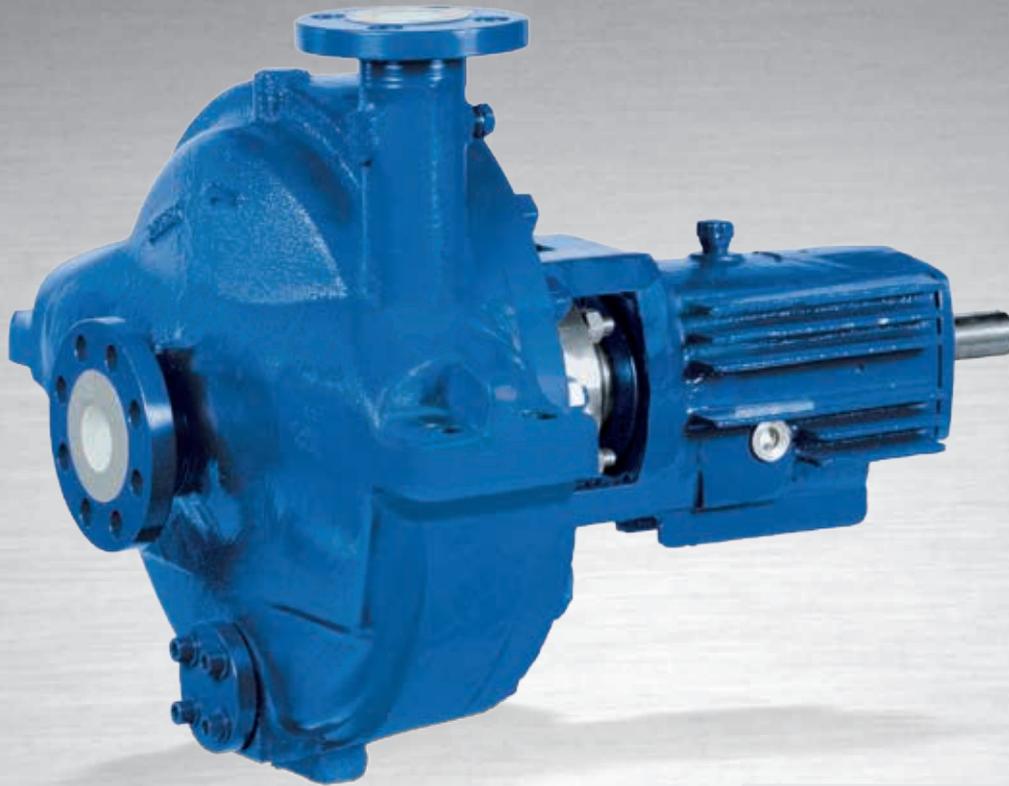


► Our technology. Your success.

Pumps • Valves • Service



RPH-RO – Booster Pump for Desalination Plants

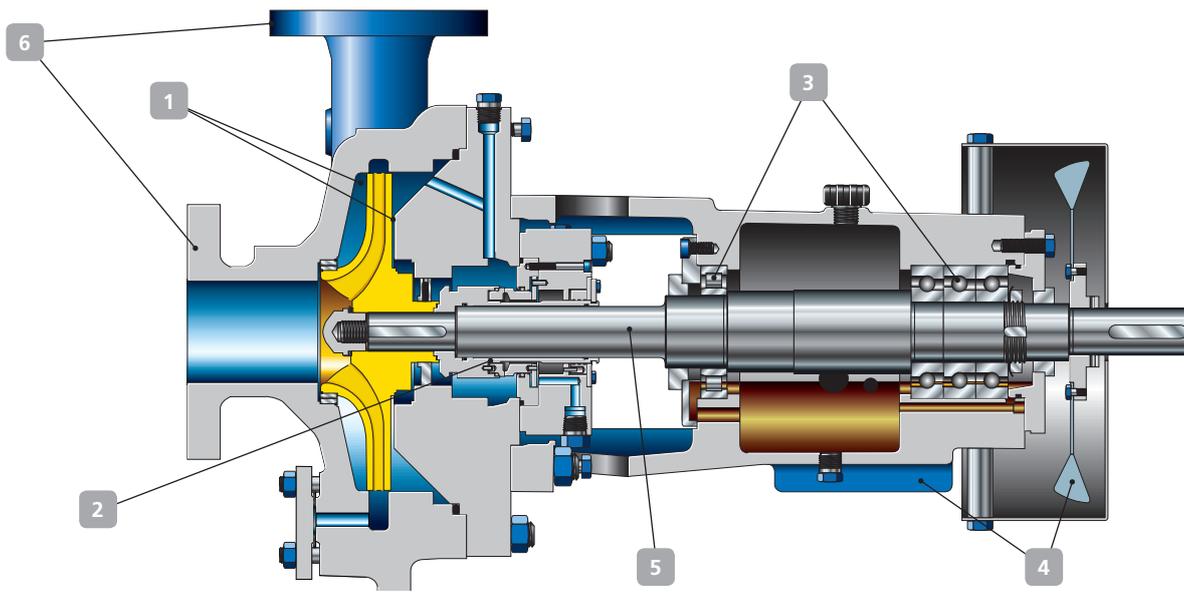


Applications:

- Seawater desalination by reverse osmosis

More information: www.ksb.com/products

RPH-RO – Booster Pump for Desalination Plants



1 Low maintenance costs

- The selection of a balancing system for the specific duty point markedly reduces axial forces.
- The double volute (DN 80 and above) reduces radial thrust and prevents shaft deflection, considerably reducing the loads on bearings and mechanical seal.

2 Long service life of the mechanical seal

The specially designed KSB mechanical seal type “4RPS” is implemented as standard.

Use of a hooked shaft protecting sleeve reduces the load on the seal and, in combination with high quality materials, ensures excellent reliability.

3 Long service life and high reliability of bearings

The bearings in tandem design cope well with high inlet pressures.

4 No cooling water circuit required

When fluid temperature and ambient temperature are high, the steel bearing bracket with integrated cooling fins and the optional fan impeller protect the unit from overheating.

5 Ease of maintenance

Single mechanical seal in cartridge design for easy installation and removal.

6 High flexibility

The pump flanges are available for all common pipelines because they are built to all standards up to PN 100 (ASME Class 600).

Reduced operating costs

No barrier fluid required, therefore considerably reduced operating costs.

Materials

Super-Duplex A890 Grade 5A

Technical data of the standard configuration

Pump size (Discharge nozzle)	DN 100 – 350 / 4 – 14 inch
Flow rate	Up to 2500 m ³ /h / 11008 gpm
Head	Up to 150 m / 492 ft
Operating pressure	Up to 80 bar / 1160 psi
Fluid temperature	0 °C to +40 °C / +32 °F to +104 °F
Speed	Up to 3500 rpm



KSB Aktiengesellschaft
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal (Germany)
www.ksb.com

Centrifugal Pumps with Shaft Seal

Process Pumps

RPH-RO



Main applications

Pump for water desalination systems (reverse osmosis applications)

Operating data

Operating properties

Characteristic		Value
Flow rate	Q	Up to 2500 m ³ /h / 11008 gpm
Head	H	Up to 150 m / 492 ft
Operating temperature	T	0 °C to 40 °C / 32 °F to 104 °F
Operating pressure ¹⁾	p	Up to 80 bar / 1160 psi (ASME B 16.5 Class 600)

Designation

Example: RPH-RO 150-230

Key to the designation

Code	Description
RPH	Type series
150	Nominal discharge nozzle diameter [mm]
230	Nominal impeller diameter [mm]
RO	Reverse osmosis

Design details

Design

- Volute casing pump
- Horizontal installation

- Back pull-out design
- Single-stage

Pump casing

- Volute casing with integrally cast pump feet
- Centreline pump feet
- Single or double volute, depending on the pump size
- Radially split volute casing
- Axial inlet nozzle, tangential discharge nozzle pointing vertically upwards.
(From DN 250 / from impeller diameter 500 / pump size 200-401: radial discharge nozzle pointing vertically upwards)
- Volute casing with casing wear ring
- Casing cover (with casing wear ring, as required)

Impeller type

- Closed radial impeller
- Impeller with impeller wear ring on the suction side

Shaft seal

- KSB mechanical seal

Bearings

- Uncooled

Optional:

- Cooled bearing bracket

Drive-end bearing:

- Fixed bearing
- Paired angular contact ball bearing (triple bearing assembly)
- Axial movement of the rotor limited to 0.5 mm maximum
- Oil bath lubrication
- **Optional:** oil mist lubrication

Pump-end bearing:

- Radial bearing
- Cylindrical roller bearing
- Absorbs radial loads only
- Oil bath lubrication
- **Optional:** oil mist lubrication

Bearing bracket designation

Example: B03

Bearing bracket designation

Designation	Description
B	Back pull-out bearing bracket
03	Size code (based on dimensions of seal chamber, shaft end and bearings)

¹⁾ Higher pressures and flange pressure ratings on request

Bearings used

Bearing design

KSB designation	FAG designation	SKF designation
B.MUA	B-MP-UA	BECBM

Reinforced bearing assembly (triple bearing assembly)

Bearing bracket	Rolling element bearings	
	Pump end	Motor end
B03	NU213C3	3 x 7311B-MUA
B05	NU316C3	3 x 7315B-MUA

Bearing bracket	Rolling element bearings	
	Pump end	Motor end
B06	NU324C3	3 x 7224B-MUA
B07	NU324C3	3 x 7324B-MUA

Materials

Materials

Part No.	Description	Material variant
102	Volute casing	A890 Gr 5A
161	Casing cover	A890 Gr 5A
210	Shaft	1.4462
230	Impeller	A890 Gr 5A
330	Bearing bracket	A216 Gr WCB
412.50	O-ring	Viton
433	Mechanical seal	4RPS (KSB) Q1Q11VMG4
502.01	Casing wear ring	1.4501
503.01	Impeller wear ring	1.4501
523	Shaft sleeve	1.4501
542.02	Throttling bush	1.4501
902.01/ 920.01	Casing studs/hexagon nuts	1.6772 A2D

Table of comparison of materials

Material type	ASTM designation	DIN standard	BS standard
Carbon steel	A 216 Gr WCB	GP 240 GH+N	EN 10213-2
Super duplex stainless steel	A890 Gr 5A	1.4469.09 ²⁾	EN 10213-4
(PREN > 40)	A276-S32760	1.4501	EN 10088-3

Coating and preservation

- Coating and preservation to KSB standard

Product benefits

- Double volute from DN 80 (3 in.): low radial thrust and reduced shaft deflection extend the service life of bearings and mechanical seal.
- Easy to service thanks to back pull-out design
- Dimensioned for longer service life than specified by API 610, reducing maintenance expenditure and work
- Tandem bearing arrangement absorbs high axial forces
- Cast steel bearing brackets with integrated cooling fins enable higher fluid temperatures and reduce bearing temperatures.
- Optional fan impeller: no cooling water supply required for high temperatures
- Wetted components made of super duplex stainless steel for optimum corrosion resistance
- Optimised KSB mechanical seal for maximum operating reliability

Acceptance tests / Warranties

- Materials testing
 - Test report 2.2 on request
 - Test report 3.1 on request
- Final inspection
 - Inspection certificate 3.1 to EN 10204 on request
- Hydraulic test

The duty point of each pump is guaranteed according to ISO 9906/2B.

The following acceptance tests can be performed and certified at extra charge:

 - Performance test to ISO 9906
 - NPSH test
- Other tests (e.g. vibrations, strength, noise characteristics) on request.
- Warranty

Warranties are given within the scope of the valid delivery conditions.

²⁾ On request

Sizes

Nominal impeller diameters available

Nominal diameter of the discharge nozzle	Bearing bracket	Nominal impeller diameter				
		180	230	280	400	401
100	B03	X	-	-	-	-
150	B03	-	X ³⁾	-	-	-
200	B05S	-	-	X ³⁾	-	-
	B05L	-	-	-	-	X ³⁾⁴⁾
250	B05L	-	-	-	-	X ³⁾⁴⁾
300	B05L	-	-	-	X ³⁾⁴⁾	-
350	B07	-	-	-	X ³⁾⁴⁾	-

Technical data

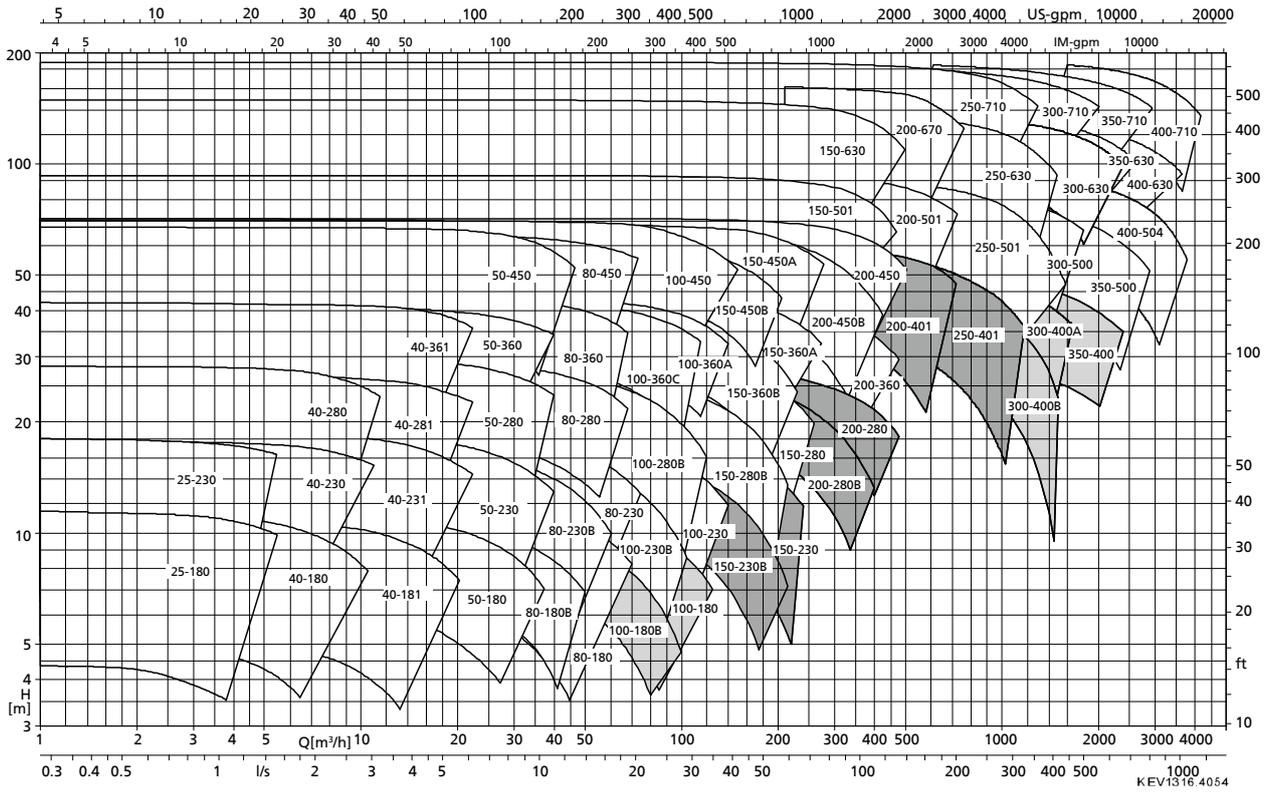
Technical data

Size	Bearing bracket	Impeller				Shaft diameter				Drive				
		Impeller outlet width	Impeller inlet diameter	Impeller diameter		In seal chamber	At bearings		At coupling	P/n value	Max. drive power at			
				Max.	Min.		Pump end	Drive end			n = 1450 rpm	n = 1750 rpm	n = 2900 rpm	n = 3500 rpm
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
100-180	B03	28	133	190	150	47	65	55	42	0,0875	126,9	153,1	251,8	306,3
100-180B	B03	19,8	133	190	150	47	65	55	42	0,0875	126,9	153,1	251,8	306,3
150-230	B03	35	161	240	190	47	65	55	42	0,0875	126,9	153,1	251,8	306,3
150-230B	B03	25	161	240	190	47	65	55	42	0,0875	126,9	153,1	251,8	306,3
200-280	B05S	43,1	198	295	235	56	80	75	60	0,2481	359,8	434,2	719,6	868,4
200-280B	B05S	30,7	198	295	235	56	80	75	60	0,2481	359,8	434,2	719,6	868,4
200-401	B05L	40	222	408	320	73	80	75	60	0,3860	559,7	675,5	-	-
250-401	B05L	63	294	404	320	73	80	75	60	0,3860	559,7	675,5	-	-
300-400	B05L	68	294	404	353	73	80	75	60	0,3860	559,7	675,5	-	-
350-400	B07	115,4	337	408	380	-	120	120	95	1,9210	2785,4	3361,7	-	-

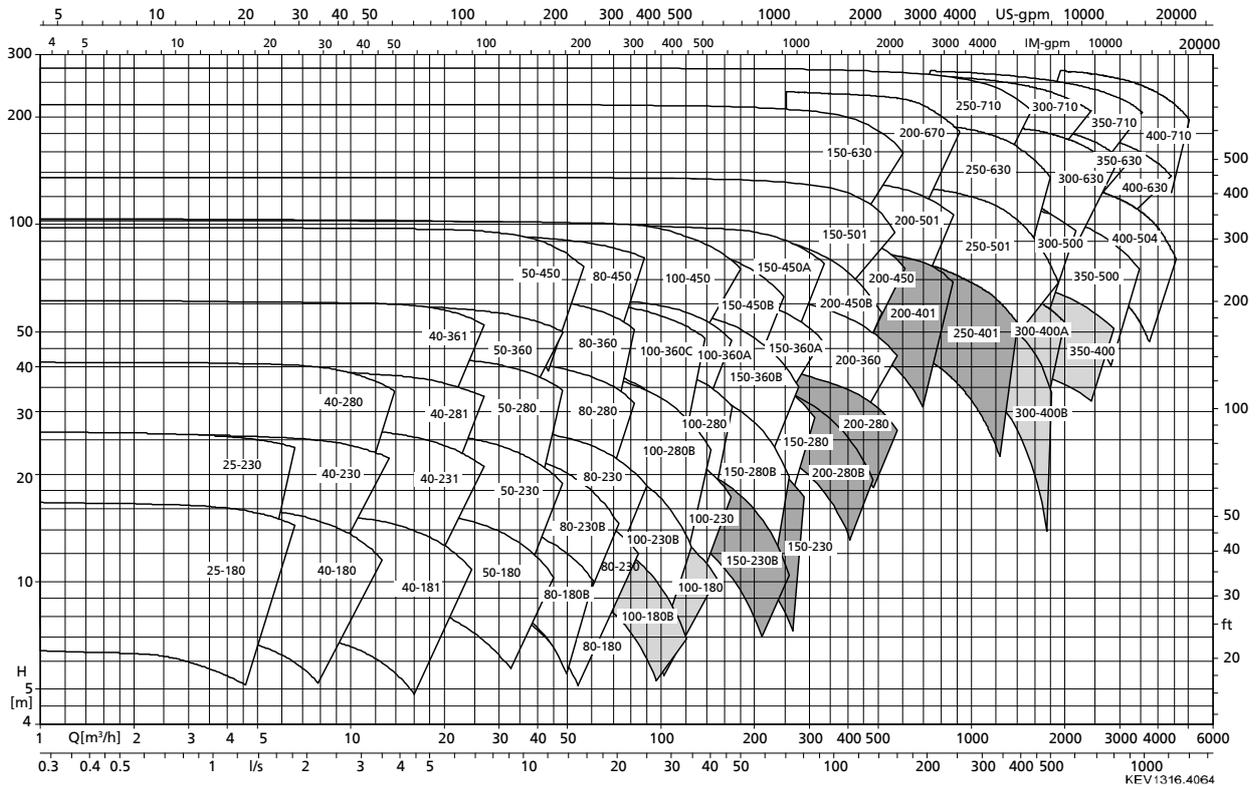
³⁾ Casing with double volute

⁴⁾ Complementary sizes: only in combination with 4-pole drive

RPH-RO, n = 1450 rpm

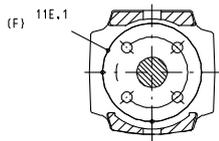


RPH-RO, n = 1750 rpm



■ Size available ■ Size on request (other sizes not available)

Dimensions and connections



API 11/61 (62-DAMPF)
(1CW-FL)

Connections of single KSB mechanical seal

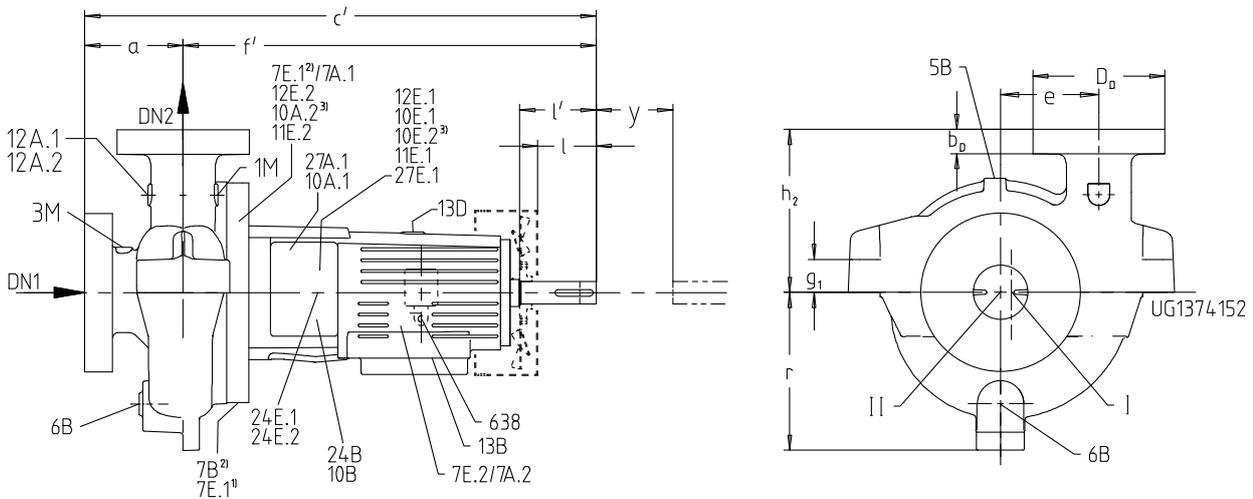
Connection types

Connection	≤ DN 50	≥ DN 80	Description
1M	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Pressure gauge
3M	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Pressure gauge
5B	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Vent
6B	DN15 ASME B16.5		Fluid drain
7B	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Cooling liquid drain
7E.1/A.1	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Cooling liquid IN/OUT
7E.2/A.2	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Cooling liquid IN/OUT
10B	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Barrier fluid drain
10E.1/A.1	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14 ⁵⁾	Barrier fluid IN/OUT

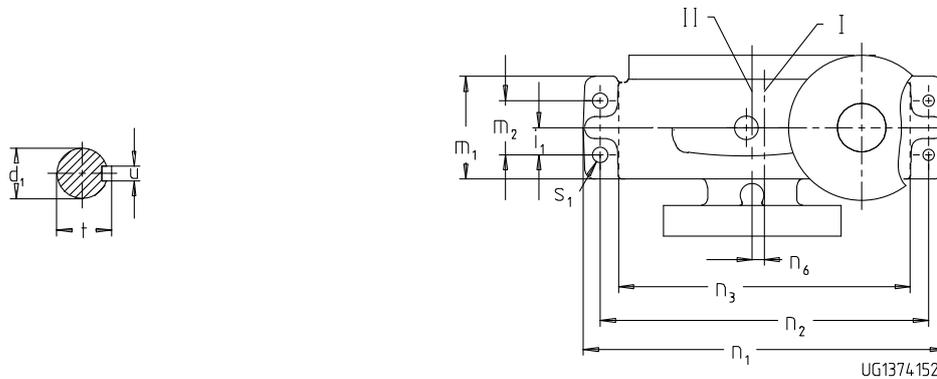
5) NPT3/4-14 on bearing brackets B05 and B06

Connection	≤ DN 50	≥ DN 80	Description
10E.2/A.2	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14 ⁵⁾	Barrier fluid IN/OUT
11E.1	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Flushing liquid IN/OUT
11E.2	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Flushing liquid IN
12E.1/A.1	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Circulation liquid IN/OUT
12E.2/A.2	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Circulation liquid IN/OUT
13B	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Oil drain
13D	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Vent plug
24B	NPT 3/8-18	NPT 3/8-18	Quench liquid drain
24 E.1/A.1	NPT 3/8-18	NPT 3/8-18	Quench liquid IN/OUT
24 E.2/A.2	NPT 3/8-18	NPT 3/8-18	Quench liquid IN/OUT
27B	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14	Buffer liquid drain
27 E.1/A.1	NPT 1/2-14	NPT 1/2-14 ⁵⁾	Buffer liquid inlet/outlet
638	NPT 3/8-18	NPT 3/8-18	Constant level oiler

Standard sizes



Dimensions of standard pump sizes



Shaft end and foot bolt dimensions of standard pump sizes

1)	Not for material variant S and bearing bracket B06
2)	For pressurised tandem seals
3)	For "back-to-back" seals
I	Middle of pump foot
II	Middle of DN ₁ shaft

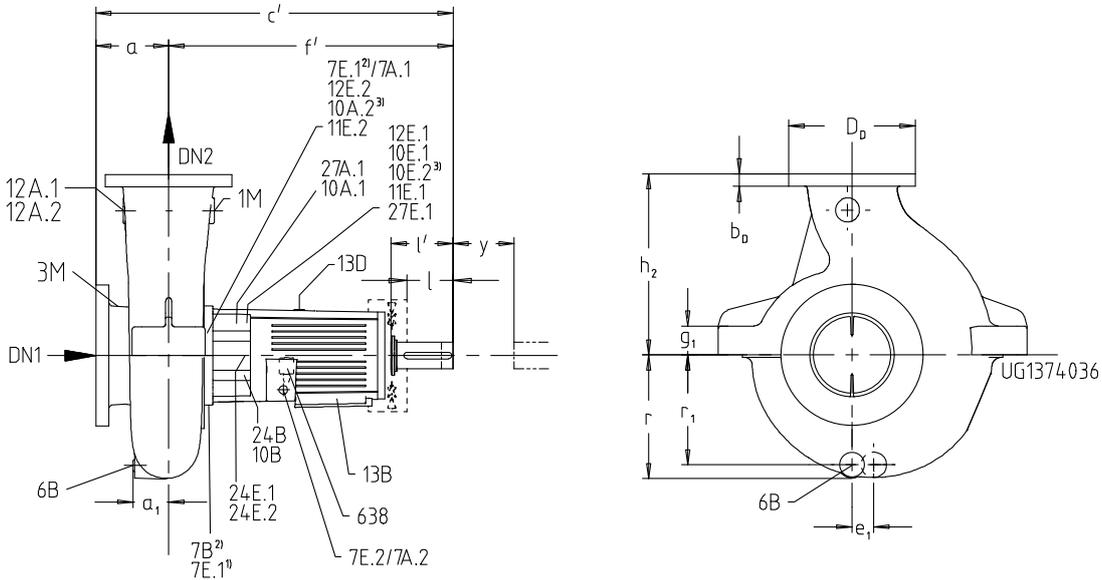
Dimensions of standard pump sizes

Size	Bearing bracket	Weight [kg]	Pump dimensions												
			DN ₁	DN ₂	a	c'	e	f'	g ₁	h ₂	m ₁	n ₁	n ₃	n ₆	r
100-180	B03	289	150	100	185	955	170	770	70	325	190	590	480	25	275
150-230	B03	369	200	150	200	955	210	755	80	335	200	730	590	45	330
200-280	B05S	575	250	200	230	1110	260	880	90	395	230	870	720	50	400

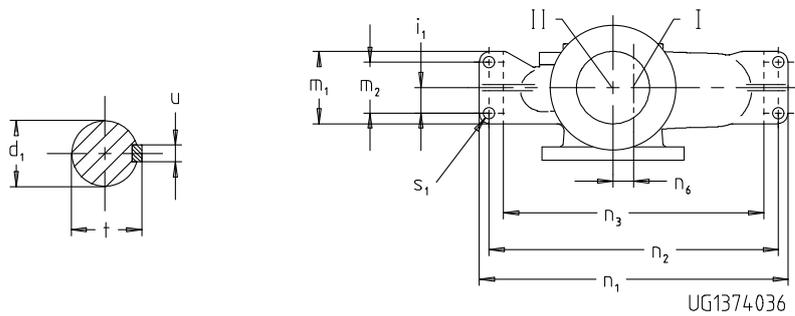
Shaft end and pump feet dimensions of standard pump sizes

Size	Bearing bracket	Shaft end					Pump feet			
		d1 ⁶⁾	l'	t	u	y	i ₁	m ₂	n ₂	s ₁
100-180	B03	42	140	45	12	140	50	100	540	26
150-230	B03	42	140	45	12	140	50	100	670	33
200-280	B05S	60	182	64	18	180	55	110	800	36

Complementary sizes



Dimensions of complementary pump sizes



Foot bolt and shaft end dimensions of complementary pump sizes

1)	Not for material variant S and bearing bracket B06
2)	For pressurised tandem seals
3)	For "back-to-back" seals
I	Middle of pump foot
II	Middle of DN ₁ , shaft

Dimensions of complementary pump sizes

Size	Bearing bracket	Weight [kg]	Pump dimensions											
			DN ₁	DN ₂	a	c'	f'	g ₁	h ₂	m ₁	n ₁	n ₃	n ₆	r
200-401	B05L	528	250	200	215	1120	905	90	530	180	960	820	0	390
250-401	B05L	734	300	250	261	1161	900	90	620	210	1160	1000	0	425
300-400	B05L	1135	350	300	310	1197	887	90	640	310	1200	1020	0	455
350-400	B07	1690	350	350	350	1509	1159	120	750	310	1370	1180	80	558

⁶⁾ d1 Ø k6 for bearing brackets B02 and B03; d1 Ø n6 for bearing bracket B05

DEPÓSITO AIQSA

TIPO D

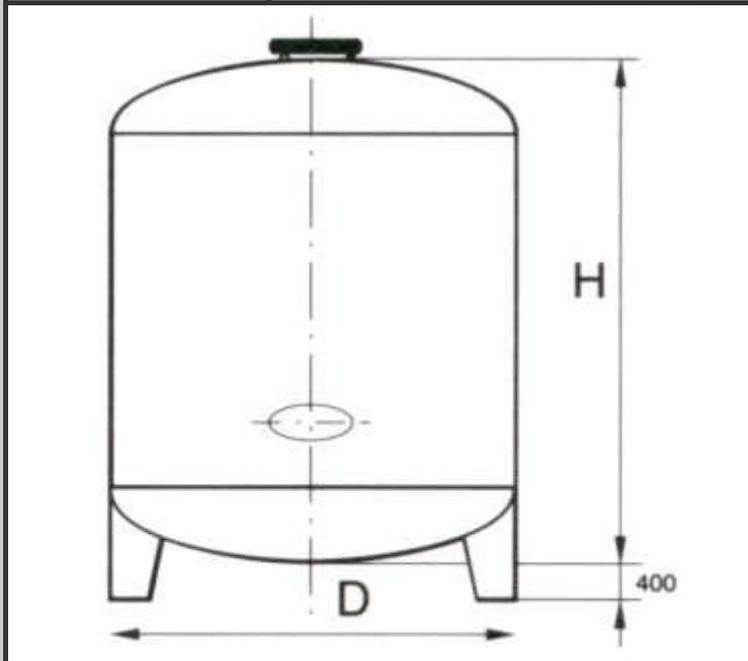
EQUIPO DE NORMA

Boca inspección (lateral o superior), respiradero, dos tubuladuras, pies de apoyo.

EQUIPO OPCIONAL

Tubuladuras adicionales
Valvulería y accesorios
Niveles, etc...

CAPACIDADES de
1000
a 234.000 lts.



Capacidad	D	H
1.000	900	1715
2.000	900	3303
	1200	1961
3.000	1200	2855
4.000	1200	3749
5.000	1400	3508
6.000	1400	4171
7.000	1700	3362
	2000	2510
8.000	1700	3807
9.000	1700	4252
	2000	3144
10.000	1700	4697
	2000	3461

Capacidad	D	H
28.000	2500	6254
29.000	2500	6460
30.000	2500	6666
35.000	2500	7695
	3000	5396
40.000	3000	6111
45.000	3000	6826
50.000	3000	7541
55.000	3000	8255
60.000	3700	6172
	4000	5391
70.000	3700	7111
	4000	6195
	4200	5926

Applications

Handling clean or slightly contaminated water ...

- in general water supply systems,
- in irrigation and spray irrigation systems,
- in pressure boosting systems,
- in emergency water supply systems,
- in installations for lowering and maintaining ground water levels.

Also used in ...

- mining,
- sprinkler installations,
- fountains, etc.

Permissible sand content in the fluid handled: 50 g/m³.

Also suitable for aggressive seawater if supplied in material variant C3 (duplex).

Operating Data

Capacity	Q up to 330 m ³ /h (92 l/s)
Head	H up to 460 m
Temperature of fluid handled	t up to +50 °C
Speed	n ≈ 2900 rpm

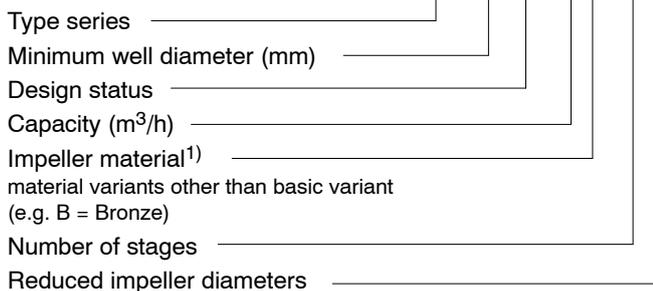
Design

Single or multistage, single-entry centrifugal pumps in ring-section design. Mixed flow hydraulic systems with impellers that can be turned down. Stage casings connected by means of studs. Suction casing fitted between pump and motor. Suction casing equipped with strainer to protect the pump from coarse particles in the fluid.

Pumps with non-return valve or connection branch on option. Both models available with either threaded or flanged end. Particularly suitable for vertical installation in narrow deep wells.

Designation (Example)

UPA 200 B - 80 B / 5 d



¹⁾ Applies to UPA 200B only.

Certification

Quality management certified to ISO 9001

Submersible Borehole Pumps for Well Diameters of 200 mm (8 inches) and of 250 mm (10 inches)

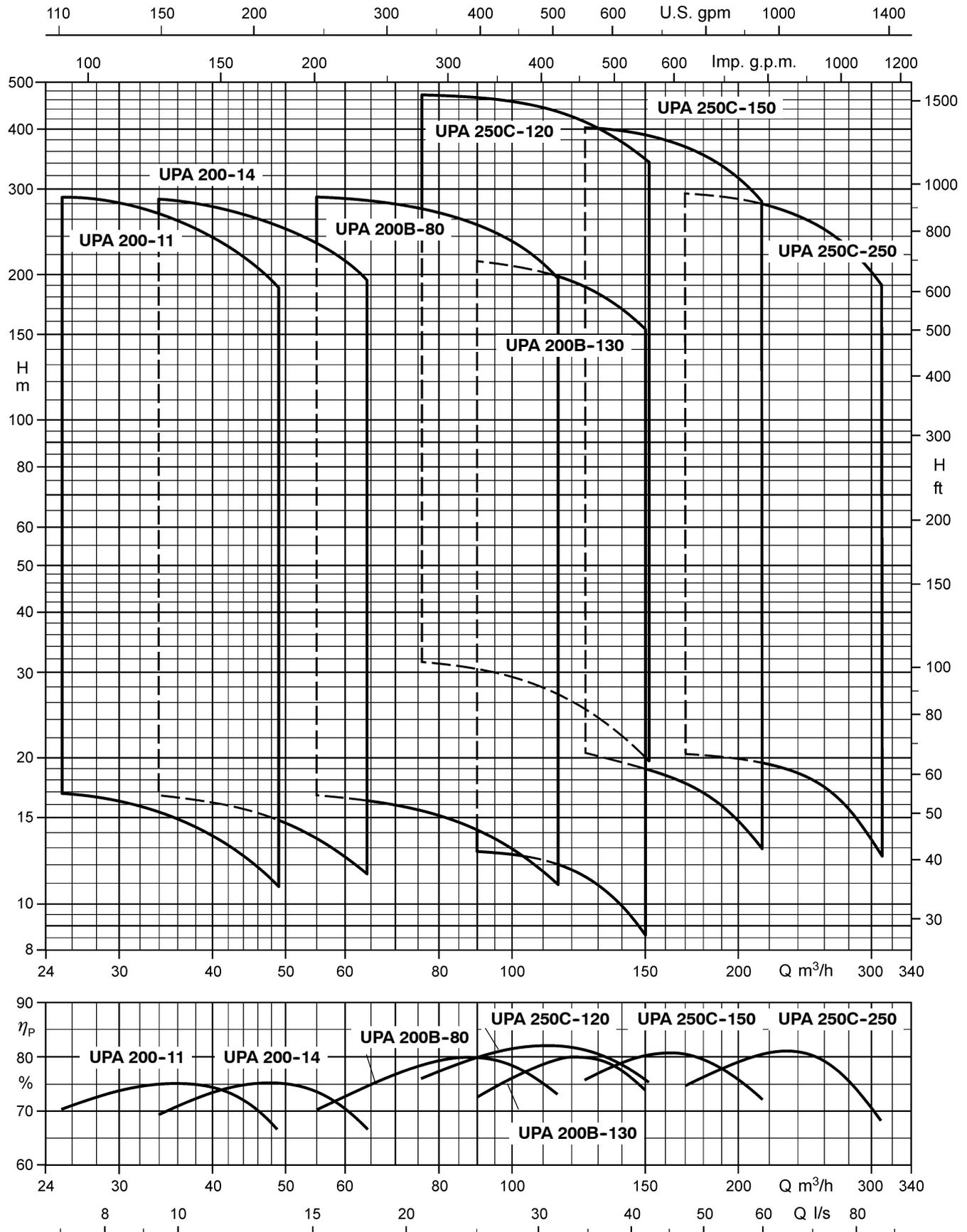


Product Features

- Very sturdy design
- Suitable for installation in narrow deep wells
- High efficiency
- Motor designed for maximum pump output
- Low noise level
- For vertical or horizontal installation
- Check valve protected against blocking
- Pre-filled motor; no risk of contamination of the pumped water

Selection Chart (Ranges on Offer)

n ≈ 2900 rpm



Note:
 The diagram shows the ΔQ_A range on offer. The pumps can be offered for any duty point within this range. The ΔQ_B operating ranges of the individual pump sizes are given in the characteristic curves for different stage numbers on the following pages.
Selection charts or performance curves for UPA in material variant C3 (duplex) on request only.

Material Variants - UPA 200

Component	G	B
Casing	Cast iron (JL1030) ¹⁾	Bronze (CC480K-GS) ²⁾
Impeller	Glass fibre reinforced NORLYL (PPO)	
Diffuser	Glass fibre reinforced NORLYL (PPO)	
Shaft	Cr steel (1.4021)	CrNiMo steel (1.4462)
Wear ring	CrNiMo steel (1.4401)	
Screws, bolts and nuts	CrNiMo steel (A4-70)	

¹⁾ DIN mat. code: GG-20

²⁾ DIN mat. code: CuSn10

Bearings / Lubrication

Plain bearing in the end stage, lubricated by the fluid handled. Axial thrust is balanced by a thrust bearing in the motor.

Direction of Rotation of the Pump

Clockwise rotation (when looking at the drive shaft end).

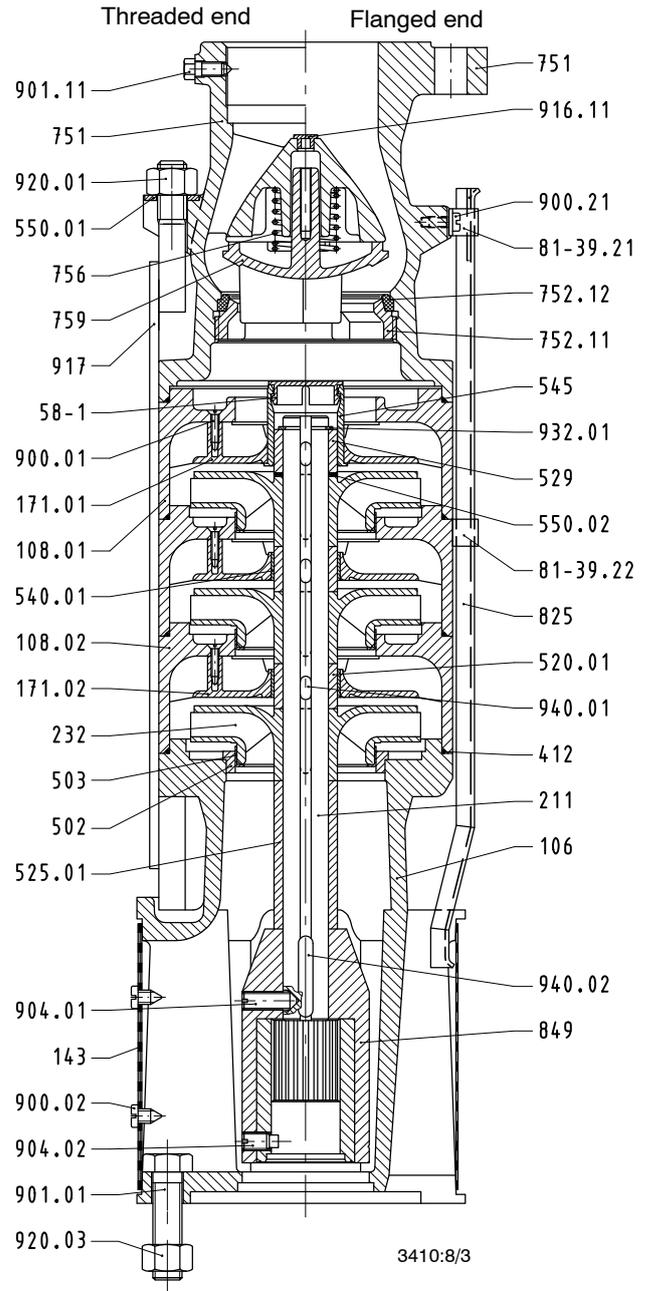
Pump End (Discharge Nozzle)

UPA 200 - 11 + 14: internal thread G 3" (DN 80).

Flanged end with adapter also available (see "Accessories").

Variants Available on Request

- Pumps with flanged end
- Pumps with connection branch with either threaded or flanged end



Example: UPA 200 - 14/3 with UMA 150D .. / 2.

Part No	Description
106/108	Suction casing / Stage casing
143	Suction strainer
171	Diffuser
211	Pump shaft
232	Clockwise impeller
503	Impeller wear ring
529/545	Bearing sleeve / Bearing bush
751	Valve body
849	Sleeve coupling
917	Tie bolt

Material Variants - UPA 200B, 250C

UPA pump		G	B	C3
Casing		Cast iron (JL1040) ¹⁾	Bronze (CC480K-GS) ²⁾	CrNiMo steel (1.4517)
Impeller	200B	Glass fibre reinforced NORYL (PPO)	Bronze (CC480K-GS) ⁵⁾	CrNiMo steel (1.4517)
	250C	Bronze (CC480K-GS) ²⁾		
Shaft		Cr steel (1.4021)	CrNiMo steel (1.4462)	
Wear ring		high-performance plastics		CrNiMo steel (1.4538)
Screws, bolts and nuts ⁴⁾		CrNiMo steel (A4-70)		CrNiMo steel (1.4462)

UMA motor		G	C2	C3
Shaft	150D	CrNi steel (1.4305 ⁶⁾ / 1.4021 ⁷⁾	CrNiMo steel (1.4462)	CrNiMo steel (1.4462)
	200D	CrNiMo steel (1.4462)	CrNiMo steel (1.4462)	CrNiMo steel (1.4462)
	250D		--	CrNiMo steel (1.4462)
	300D			CrNiMo steel (1.4462)
Housing	150D	Cast iron (JL1030) ³⁾	CrNiMo steel (1.4409)	CrNiMo steel (1.4539)
	200D		CrNiMo steel (1.4408)	
	250D	Cast iron (JL1040) ¹⁾	--	CrNiMo steel (1.4517)
	300D		--	
Stator case	150D	CrNi steel (1.4301)	CrNiMo steel (1.4571)	CrNiMo steel (1.4539)
	200D			
	250D			
	300D	CrNi steel (1.4301)	--	CrNiMo steel (1.4462)
Screws bolts and nuts ⁴⁾	150D	CrNi steel (1.4301)	CrNiMo steel (A4-70)	CrNiMo steel (1.4539)
	200D	CrNiMo steel (A4-70)	CrNiMo steel (A4-70)	
	250D	CrNiMo steel (1.4571)	--	CrNiMo steel (1.4462)
	300D			

1) DIN mat. code: GG-25
 2) DIN mat. code: CuSn10
 3) DIN mat. code: GG-20
 4) Wetted by fluid handled
 5) for size 80B and 130B
 6) only for size UMA 150D ≤ 22/21
 7) only for size UMA 150D > 22/21

Bearings / Lubrication

Radial plain bearings; pump bearings lubricated by the fluid handled, motor bearings by the motor's water fill. Depending on the number of stages, 1 intermediate bearing is fitted on the pump unit.

Axial thrust is balanced by a tilting-pad thrust bearing in the motor (lower end).

Direction of Rotation of the Pump

Clockwise rotation (when looking at the drive shaft end).

Pump End (Discharge Nozzle)

G 5" and G 6" threaded ends depending on the size. DN 125 and DN 150 flanges available on option.

Coating (Standard)

Quality 2-component high-build coating (epoxy resin base), approved for drinking water contact
 Coating structure .. Primer and top coat
 Film thickness 100 to 150 µm
 Colour ultramarine blue (RAL 5002)

Type of Installation

In general, the pumps are installed vertically. Some models may also be installed horizontally depending on the number of stages and motor size.

Drive

Motor type water-filled submersible squirrel-cage motor, 2 poles
 Enclosure IP 68
 Frequency 50 Hz
 Type of current three-phase (3~)
 Rated voltage U up to 500 V
 Rated power P_N up to 250 kW
 Frequency of starts 15/h ¹⁾, 10/h ²⁾ and 5/h ³⁾
 Minimum delay before restarting 1 min ¹⁾ and 3 min ²⁾ ³⁾
 Motor design is in compliance with VDE regulations.

¹⁾ Motor UMA 150D
²⁾ Motors UMA 200D and 250D
³⁾ Motor UMA 300D

Connection to Power Supply

The submersible motors are supplied ex factory with 1 or 2 motor leads, each equipped with an earth conductor. All motors are provided with internal earthing. Any extension cables required are connected using water-tight cable connectors. Motor leads and extension cables are suitable for drinking water applications.

Starting

D.o.I. (autotransformer or soft starter) or star-delta.

Variable Speed

The submersible borehole pumps can also be equipped with a speed control system to accommodate different operating points.

Application Temperatures

The submersible borehole pumps are, as a standard, suitable for use in water with temperatures of up to t = +30 °C. An indispensable requirement for this is a flow velocity of v = 0.2 m/s past the motor. This requirement is met, for example, when the pump is installed in a deep well above the well screen / filter, etc.

With certain restrictions, some motor sizes may also be used in water with temperatures of up to t = +50 °C or for operation without an adequate cooling flow of water past the motor, i.e. v = 0 m/s (for example, when the unit is installed in a deep well below the screen / filter area or in a pump sump, etc.).

Variants Available on Request

- Other materials
- More wear-resistant designs
- Other supply voltages up to 1000 V
- 60 Hz motors
- Models with cooling, suction or pressure shroud

Design Features

Check valve with anti-blockage valve disc

- No jamming or tilting.
- Spring-loaded design makes for minimum valve closing times and prevents waterhammer.
- High operating reliability.

Robust wear rings

- Replaceable wear rings made of corrosion- and wear-resistant metal.
- Protection against wear in the clearance; easy servicing.

Integrated sand separator

- Tried and tested KSB patent [®].
- Added protection from abrasive wear for shafts and bearing areas.
- Long service life and high operating reliability.

Wear-resistant mechanical seal

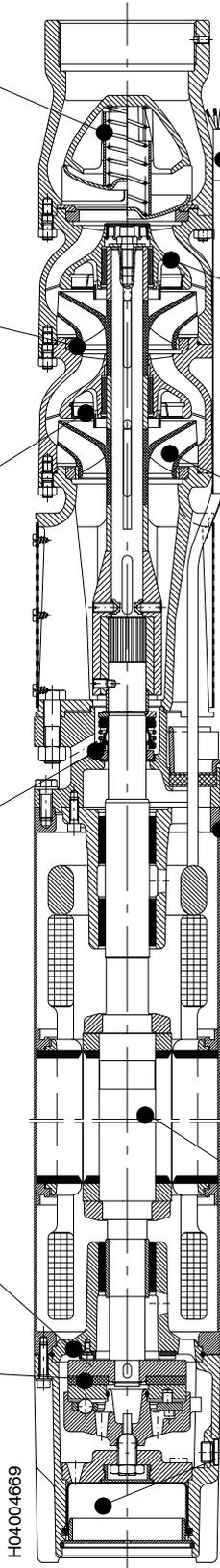
- Long service life and high operating reliability.

Counter thrust bearing

- Reliable balancing of negative axial thrust.
- Impellers do not rub on the stage casings.

Tried and tested thrust bearing

- Water-lubricated self-aligning tilting-pad journal bearing.
- No-maintenance design suitable for maximum load-carrying capacity under continuous operation conditions.
- New materials combination (stainless steel / carbon) for high safety factor.



All wetted plastic components are approved for contact drinking water (BAM ¹⁾)

- Coating, electric cables, seal elements, gaskets, etc. are absolutely fit for use in drinking water applications.

1) German Federal Institute for Materials Research

Enclosed pump bearing

- No-maintenance design, high wear resistance.
- For trouble-free long-term operation.

New: Energy-efficient hydraulic systems

- High efficiency and low energy costs.

The KSB motor

- VDE-compliant, i.e., high level of electrical safety.
- Designed for max. pump power to protect unit from overloads.

Dynamically balanced rotor

- Ensures smooth running.

Reliable pressure balancing system

- Optimum rubber expansion diaphragm design.
- Enables installation at very low depths.

UPA 250C - 250 / ..

The characteristic curves shown are for preliminary selection only. Exact selection data will be provided in our quotation.

Selection

The pressure losses H_v in the check valve are not considered in the pump characteristic curves. For more details and a selection example refer to page 8.

Legend ...

- H_v : Head losses in the check valve.
- η_p : Pump efficiency (not considering check valve)
- NPSH: Net positive suction head required by the pump.

Pump End G 6" / DN 150

The information is based on the model "with check valve / connection branch and threaded end".

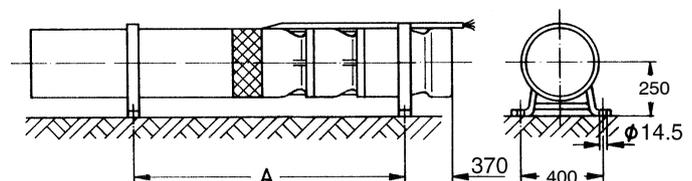
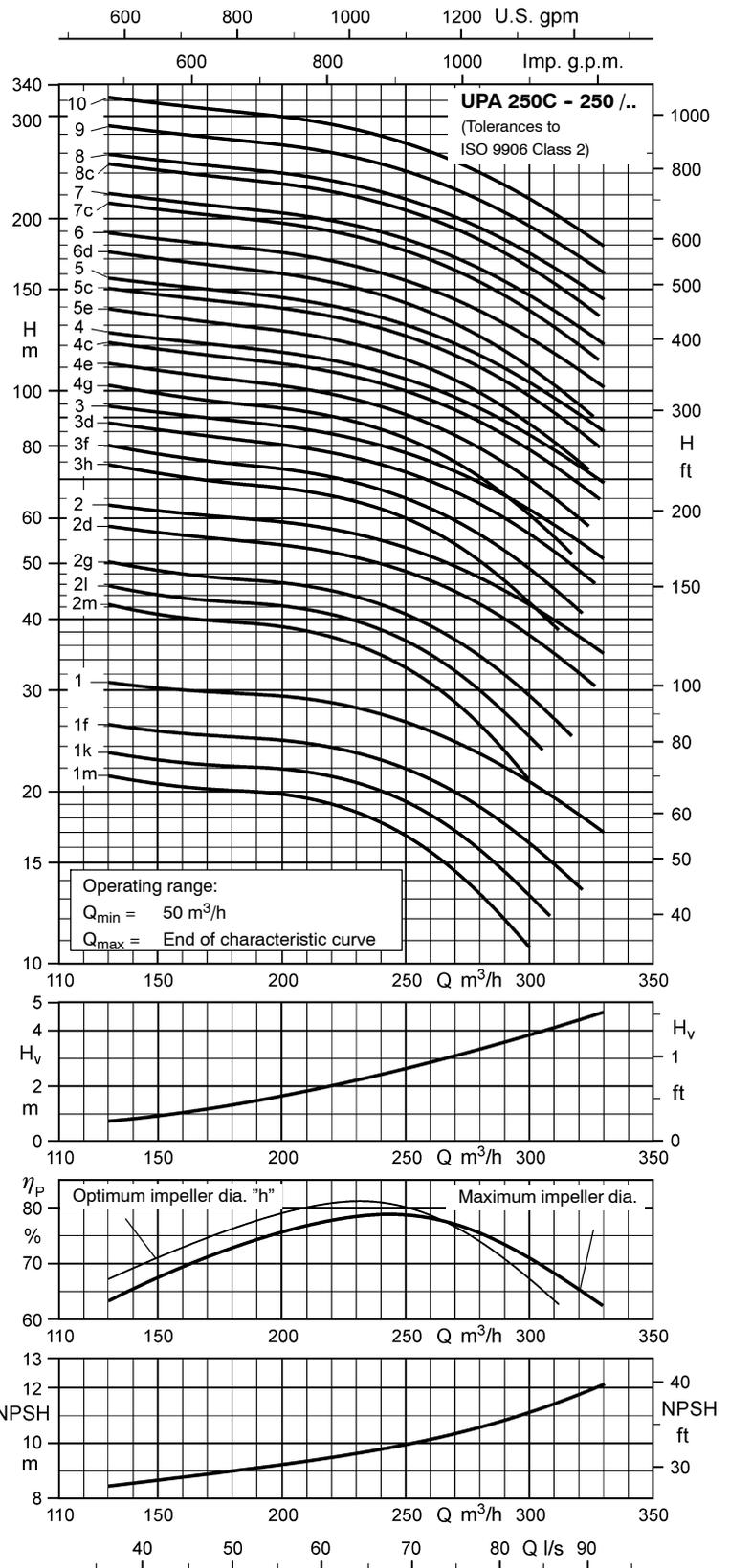
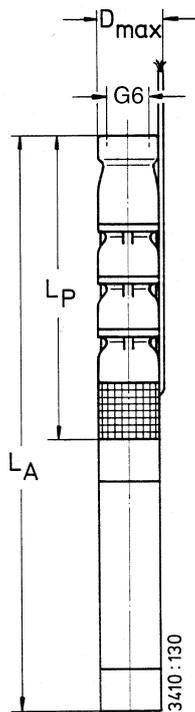
The changes in the main dimensions of the "flanged end" model are specified in the table below.

Check valve / connection branch with:

Threaded end G 6"		Flanged end DN 150	
Length mm	Length mm	Outside diameter mm	
229	179 (PN 10/16) 179 (PN 25/40)	285	300

Threaded end to DIN ISO 228, Part 1

Flange mating dimensions to DIN 2501, Part 1



MegaCPK – Standardised Chemical Pump



MegaCPK

Applications:

For handling aggressive organic and inorganic fluids in

- Chemical industry
- Petrochemical industry
- Process engineering
- Sugar industry
- Biodiesel, bioethanol
- Fire-fighting systems / fire-fighting water
- Seawater desalination / reverse osmosis
- Condensate
- Hot water
- Brine
- Steel industry
- Heat transfer media
- Cleaning agents

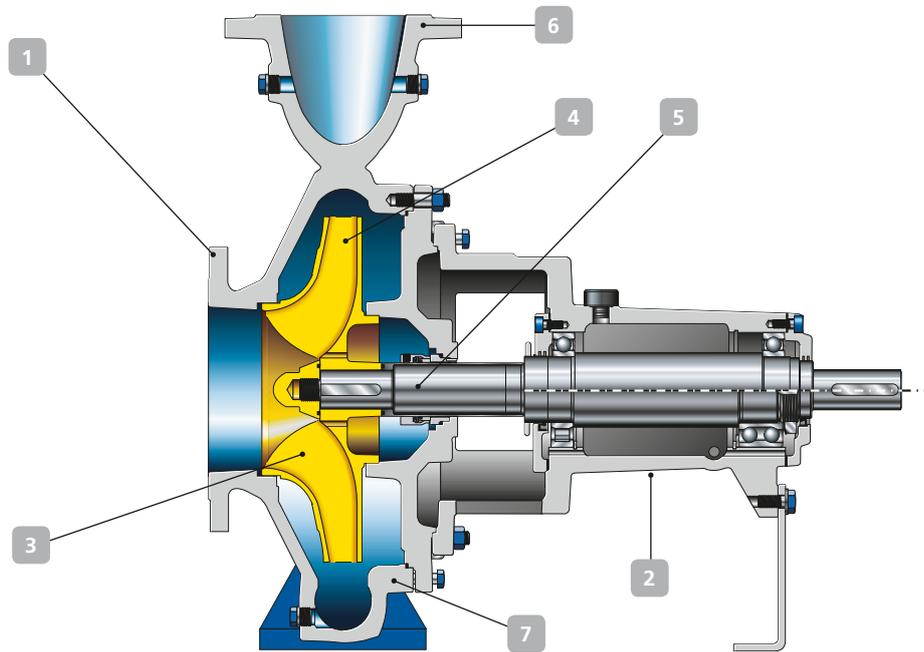
More information:

www.ksb.com/products



MegaCPK PumpDrive
and PumpMeter

MegaCPK – Standardised Chemical Pump to ISO 2858 / ISO 5199 and Directive 94/9/EC (ATEX)



1 In compliance with relevant standards

Dimensions to ISO 2858 and design ISO 5199

2 High reliability and lower operating costs

Reduced energy consumption, optimised spare parts concept and hard-wearing, service-friendly design

3 Energy efficiency

Hydraulic characteristics optimised for excellent efficiency and NPSH, ensuring energy-efficient and environmentally friendly use of resources

4 Lower investment costs

Duty points required can be achieved with smaller pump sizes

5 Large range of variants for all applications

All shaft seal types possible including gland packings, single or double mechanical seals and cartridge seals

6 The right size for each application

11 more pump sizes than required as per ISO 2858

7 Easy to service

Back pull-out design and smaller spare parts stocks

Material options

Grey cast iron JL1040/A48CL35

Cast steel GP240GH+N/A216GrWCB

Stainless steel 1.4408/A743GrCF8M

Duplex steel 1.4593/1.4517/A995GrCD4MCuN

Special materials

Technical data

Flow rate Q	Up to 1,160 m ³ /h (50 Hz)
	Up to 1,400 m ³ /h (60 Hz)
Head H	Up to 162 m (50 Hz)
	Up to 233 m (60 Hz)
Operating temperature t	-40 °C to +400 °C
Operating pressure p	Up to 25 bar



KSB Aktiengesellschaft
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal (Germany)
www.ksb.com

Bombas centrífugas con cierre del eje

Bombas químicas normalizadas

MegaCPK



Aplicaciones principales

Bomba para la impulsión de líquidos agresivos en la industria química y petroquímica.

- Industria del papel y la celulosa
- Desalinización de agua de mar / Ósmosis inversa
- Industria de alimentación y bebidas
- Plantas de energía convencionales
- Industria química
- Industria petroquímica
- Refinerías
- Industria azucarera
- Industria del alcohol

Datos de funcionamiento

Características de funcionamiento

Parámetros		Valor
Caudal de bombeo	Q	hasta 1.160 m ³ /h (50 Hz) hasta 1.400 m ³ /h (60 Hz)
Altura de bombeo	Al	hasta 162 m (50 Hz) hasta 233 m (60 Hz)
Temperatura de servicio	t	De -40 °C a +400 °C
Presión de servicio	p	hasta 25 bares

Denominación

Ejemplo: MCPK 50-32-160 CDh

Explicación de la denominación

Abreviatura	Significado
MCPK	Serie (detallado: MegaCPK)
50	Diámetro nominal de la boca de aspiración [mm]

Abreviatura	Significado
32	Diámetro nominal de las bocas de impulsión [mm]
160	Diámetro nominal del rodete [mm]
C	Material de la carcasa
G	= Hierro fundido
C	= Acero inoxidable
E	= Acero no aleado
V	= Acero inoxidable
D	= Dúplex
D	Material del rodete, cuando sea distinto del material de la carcasa
G	= Hierro fundido
C	= Acero inoxidable
B	= Bronce
E	= Acero no aleado
D	= Dúplex
X	= Acero al cromo
h	Denominación adicional
h	= Calefactable
i	= Inductor
x	= Versión especial

Forma constructiva

Diseño

- Bomba con carcasa espiral
- Montaje horizontal
- Diseño de extracción trasera
- Etapa única
- Cumple los requisitos técnicos según ISO 5199
- Dimensiones y rendimiento según EN 22858/ ISO 2858
Gama ampliada con bombas de tamaño nominal DN 25, DN 200 y superior

Carcasa de la bomba

- Espiral simple/espiral doble, según el tamaño
- Carcasa espiral con segmentación radial
- Carcasa espiral con zócalos a medida
- Anillos partidos intercambiables (si corresponde)

Tipo de rodete

- Impulsor radial cerrado con hojas curvadas

Cierre del eje

- Empaquetadura de prensaestopas
- Cierres mecánicos sencillos y dobles habituales del mercado
- Cierres mecánicos de cartucho (Cartridge) del mercado del ramo
- Eje con casquillo protector del eje intercambiable en la zona de cierre del eje

Alternativo:

- Modelo sin casquillo con "eje húmedo" (sólo en Europa)

Almacenamiento

Rodamientos:

- Resistencia media
 - Cojinete libre: Rodamiento de rodillos cilíndricos

- Cojinete fijo: Rodamiento doble de bolas de contacto angular/Rodamiento de bolas de contacto angular de dos filas
- Económico
 - Cojinetes flotadores: Rodamiento de bolas ranurado

Lubricación:

- Lubricación con aceite
- Lubricación con grasa

Denominación del soporte de cojinetes

Ejemplo: CS50E

Denominación del soporte de cojinetes

Denominación	Explicación
CS	Soporte de cojinetes MegaCPK
50	Indicación del tamaño (se refiere a las dimensiones del espacio estanco y del extremo del eje)
E	Versión de cojinetes
E	= Económico
..1)	= Resistencia media

Cojinetes utilizados

Cojinetes estándar

Diseño	Soporte de cojinetes	Rodamiento	
		Lado de la bomba	Lado de accionamiento
Resistencia media (lubricación con grasa y aceite)	CS40	NU208-E	3208
	CS50	NU310-E	2 x 7310 ²⁾
	CS60	NU312-E	2 x 7312 ²⁾
	CS80	NU216-E	2 x 7216 ²⁾
Económico (lubricación con aceite)	CS40E	6208 C3	6208 C3
	CS50E	6310 C3	6310 C3
	CS60E	6312 C3	6312 C3
	CS80E	6216 C3	6216 C3
Económico (lubricación con grasa)	CS40E	6208-2Z C3	6208-2Z C3
	CS50E	6310-2Z C3	6310-2Z C3
	CS60E	6312-2Z C3	6312-2Z C3
	CS80E	6216-2Z C3	6216-2Z C3

Vida útil del cojinete

La vida útil especificada del cojinete es de al menos:

- 17.500 h en los cojinetes económicos
- 25.000 h en los cojinetes de resistencia media y 40.000 h en funcionamiento entre 0,7 y 1,1Q/Q_{opt}

Automatización

Automatización posible con:

- Hyamaster
- hyatronic
- PumpDrive

1) Sin datos

2) Denominación FAG: B-TVP-UA; denominación SKF: BECBP

Materiales

Vista general de los materiales disponibles (Europa)

Denominación de la pieza	Combinación de materiales										
	G	GC	GD	EG	EC	ED	C	CD	VC	VD	D
Carcasa espiral	CI			CS			LA		1.4408 ³⁾		D
Tapa de la carcasa	CI			CS			LA		1.4408 ³⁾		D
Rodete	CI	LA	D	CI	LA	D	LA	D	LA	D	D
Eje	C45+N ⁴⁾										
Soporte de cojinetes	DI										
Pata de apoyo	St										
Tapa del cierre	CrNiMoSt										
Anillo partido	CI ⁵⁾			_5)6)			_7)		_7)		_8)
Anillo de rodadura	-			_9)	-	_8)	_7)	_8)	_7)	_8)	_8)
Casquillo protector del eje (Cierre mecánico)	CrNiMoSt										
Casquillo protector del eje (Empaquetadura de prensaestopas)	1.4122			1.4122			CrNiMoSt		CrNiMoSt		LI
Tuerca del rodete	CrNiMoSt										

Vista general de los materiales disponibles (Asia)

Denominación de la pieza	Combinación de materiales					
	G	GB	GC	E	EC	C
Carcasa espiral	CI	CI	CI	CS	CS	LA
Tapa de la carcasa	CI	CI	CI	CS	CS	LA
Rodete	CI	B	LA	CS	LA	LA
Eje	IS5517 45C8		IS5517 45C8 ¹⁰⁾		IS5517 45C8 ¹¹⁾	
Soporte de cojinetes	CI					
Pata de apoyo	St (S235JR)					
Tapa del cierre	CrNiMoSt					
Anillo partido	CI	IS318LTB4	A743 GR CF8M	_12)	_13)	_13)
Anillo de rodadura	-	-	-	_12)	_13)	_13)
Casquillo protector del eje (Cierre mecánico)	A276 TYPE 316					
Casquillo protector del eje (Empaquetadura de prensaestopas)	A276 TYPE 316		A276 TYPE 410 COND. H		A276 TYPE 316	
Tuerca del rodete	A743 GR CF8M					

Vista general de los materiales disponibles (América)

Denominación de la pieza	Combinación de materiales									
	G	GC	C	CX	E	EC	B	S	SC	D
Carcasa espiral	CI		LA		CS		B	DI		D
Tapa de la carcasa	CI		LA		CS		B	DI		D
Rodete	CI	LA	LA	CR	CS	LA	B	DI	CS	D
Eje	A576 GR 1045 ¹⁴⁾									
Soporte de cojinetes	CI									
Pata de apoyo	St									

3) conforme a VDMA24276

 4) T_≤10 °C : 1.4462 ; T_>250 °C 1.7709.05 ; eje húmedo : 1.4462

5) opcional VG434

6) opcional CI

7) opcional CrNiMo ST Int

8) opcional DS

9) opcional 1.4027+QT

10) opcional A276 TYPE 410 COND. H

11) opcional A276 TYPE 410 COND. H, A276 TYPE 316, 1.4462

12) opcional anillo partido Chrome hard 400 en combinación con anillo de rodadura A743 GR CA15.09

13) opcional anillo partido A743 GR CF8M en combinación con anillo de rodadura A743 GR CF8M

14) opcional 1.4021/ A276 TYPE 20 o A276 TYPE 316

Denominación de la pieza	Combinación de materiales										
	G	GC	C	CX	E	EC	B	S	SC	D	
Tapa del cierre	CrNiMoSt										LI
Anillo partido	CI			..15)			B ¹⁵⁾	CI			..8)
Casquillo protector del eje (Cierre mecánico)	CrNiMoSt										LI
Casquillo protector del eje (Empaquetadura de prensaestopas)	CI	CrNiMoSt									LI
Tuerca del rodete	CrNiMoSt										D

Abreviaturas utilizadas

Abreviatura	Material
B	IS318 LTB2 o CC480K-GS
CrNiMoSt	1.4408/ 1.4404/ 1.4401/ 1.4571/ A743 GR CF-8M/ A276 TYPE 316/ A479 GR 316L
CI	JL1040/ A48CL35B
CR	A745 CA6NM
CS	GP240GH+N/ A216GRWCB
D	1.4593/ 1.4517/ A995GR 1B
DI	JS1025
LI	1.4462/ UNS S31803
LA	1.4408/ A743 GR CF8M

Pintura/Conservación

- Pintura y conservación conforme al estándar KSB

Ventajas del producto

- Funcionamiento ecológico y económico con recursos gracias a las características hidráulicas optimizadas con el mejor rendimiento y NPSH
- Menores costes de inversión, ya que se pueden alcanzar los puntos de servicio con tamaños de bomba más reducidos.
- Menores costes de funcionamiento gracias al ahorro de energía, el concepto optimizado de piezas de repuesto, así como el diseño de bajo desgaste y mantenimiento sencillo
- Características de bombeo mejoradas de los medios con partículas sólidas y gaseosas gracias a un sistema hidráulico optimizado

Inspección/Garantías

- Comprobación del material
 - Herramienta 2.2 a petición
- Comprobación de la construcción
 - Certificado de inspección 3.1 conforme a EN 10204 a petición
- Comprobación hidráulica

Para cada bomba, se garantiza el punto de servicio conforme a ISO 9906/2A.

Las inspecciones indicadas a continuación se pueden realizar y certificar con un suplemento de precio:

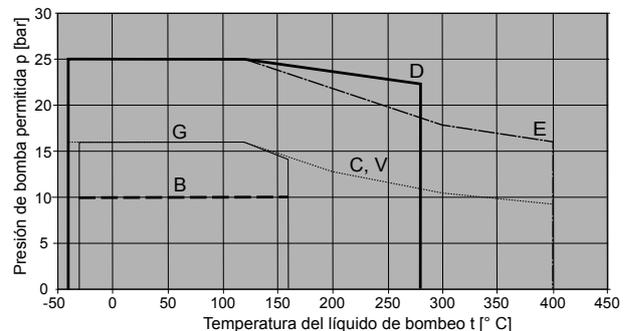
- Marcha de prueba ISO 9906
- Marcha de prueba API (API 610)
- Prueba NPSH

- Otras pruebas (p. ej., vibración, solidez) disponibles por encargo.
- Garantía

Las garantías se aplican dentro del marco de las condiciones de entrega aplicables.

Límites de temperatura y presión

Límites de temperatura y presión de la bomba



Límites de temperatura y presión de la bomba

Límites de temperatura y presión de la cámara de calefacción del modelo "h" calefactable

Límites de temperatura en la calefacción con agua caliente o aceite térmico

Medio calefactor	t _{máx} [°C]	p _{máx} [bar]
Agua caliente/Vapor saturado	300	20
Aceite térmico	300	6

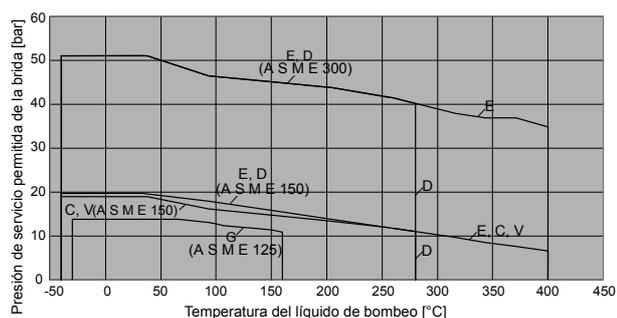
Límites de temperatura y presión de los cierres del eje

Los límites de servicio de los cierres del eje dependen de la velocidad del volumen, del material y del líquido de bombeo. Comprobar los límites de servicio en casos aislados teniendo en cuenta las condiciones de servicio indicadas por el fabricante.

15) opcional SS

16) opcional 1.4021/ AISI420

Límites de temperatura y presión de las bridas ASME



Límites de temperatura y presión de las bridas ASME

En el modelo con bridas ASME se determinan los límites de temperatura y presión a través del valor más bajo del diagrama "Límites de temperatura y presión de la bomba" y del diagrama "Límites de temperatura y presión de las bridas ASME".

Características técnicas

Datos técnicos

Tamaño	Soporte de cojinetes	Rodete					Diámetro del eje en el espacio estanco					Diámetro del casquillo protector del eje			Forma espiral ¹⁷⁾	Carcasa calefactable
		Salida de rodete amplia	Paso esférico	Diámetro de la entrada de rodete	Diámetro del rodete		Eje seco	Eje húmedo		Rodamientos	Acoplamiento	Empaquetadura de prensaestopas	Cierre mecánico			
					máx.	mín.		Europa	América				Europa	Asia/América		
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]			
40-25-160	CS40	6	5,7	44	169	130	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
40-25-200	CS40	6	5,7	44	209	160	28	33	35	40	24	35	33	35	E	-
50-32-125	CS40	10	5,7	63	139	110	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
50-32-125.1	CS40	7	6,0	52	139	114	28	33	35	40	24	35	33	35	E	-
50-32-160	CS40	9	5,8	63	174	135	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
50-32-160.1	CS40	6	5,4	52	170	138	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
50-32-200	CS40	7	6,7	62	209	178	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
50-32-200.1	CS40	6	5,3	54	204	138	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
65-40-125	CS40	14	9,6	74	139	110	28	33	35	40	24	35	33	35	E	-
65-40-160	CS40	13	11,5	70	174	135	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
65-40-200	CS40	9	8,9	69	209	175	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
80-50-125	CS40	20	11,6	88	142	114	28	33	35	40	24	35	33	35	E	-
80-50-160	CS40	17	11,6	87	174	135	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
80-50-200	CS40	14	11,9	83	219	180	28	33	35	40	24	35	33	35	E	X
100-65-125	CS40	26	12,9	99	141	114	28	33	35	40	24	35	33	35	E	-
50-32-250	CS50	8	7,1	63	261	212	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
50-32-250.1	CS50	6	5,2	58	254	220	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
65-40-250	CS50	8	8,0	73	260	214	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
65-40-315	CS50	8	7,1	75	326	278	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
80-50-250	CS50	11	10,0	84	260	220	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
80-50-315	CS50	10	9,5	86	323	270	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
100-65-160	CS50	21	12,2	92	174	132	38	43	45	50	32	45	43	45	E	-
100-65-200	CS50	17	13,3	100	219	180	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
100-65-250	CS50	15	14,3	101	260	220	38	43	45	50	32	45	43	45	E	-

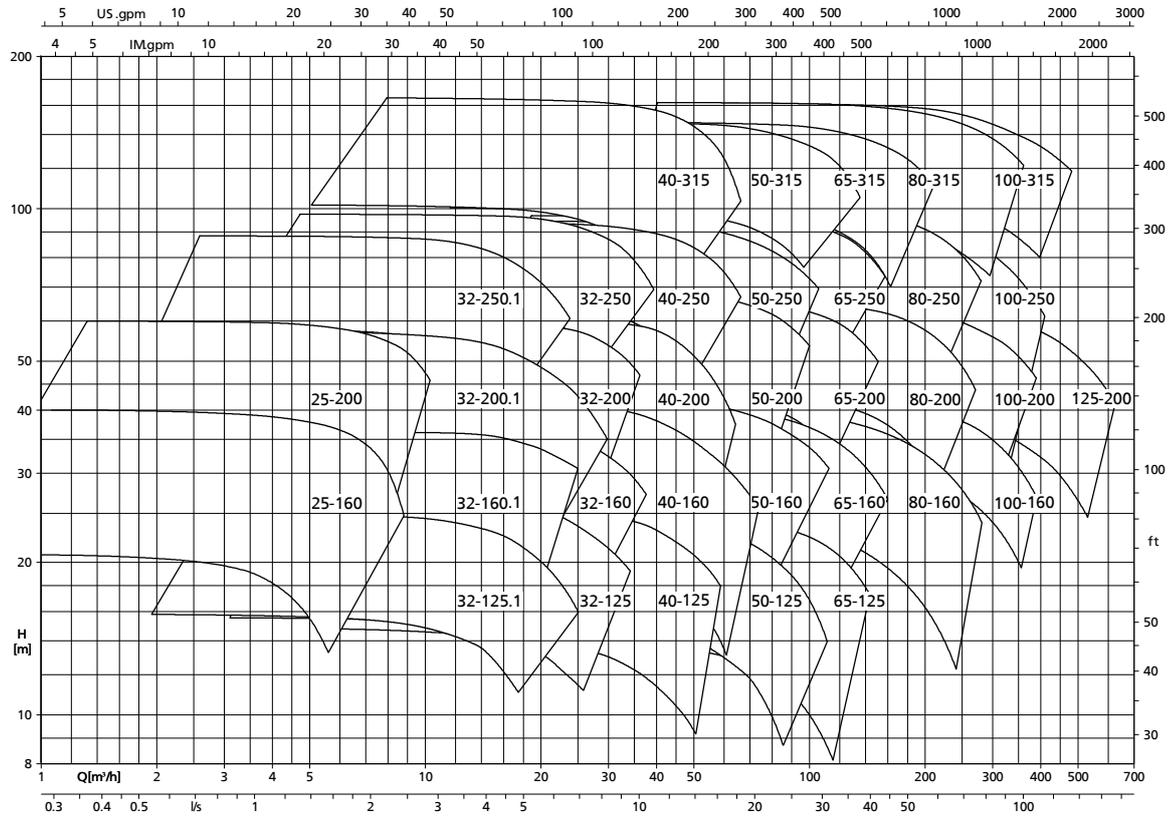
17) E = Espiral simple, D = Espiral doble

Tamaño	Soporte de cojinetes	Rodete					Diámetro del eje en el espacio estanco					Diámetro del casquillo protector del eje			Forma espiral ¹⁷⁾	Carcasa calefactable
		Salida de rodete amplia	Paso esférico	Diámetro de la entrada de rodete	Diámetro del rodete		Eje seco	Eje húmedo		Rodamientos	Acoplamiento	Empaquetadura de prensaestopas	Cierre mecánico			
					máx.	mín.		Europa	América				Europa	Asia/América		
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
125-80-160	CS50	32	15,1	124	174	122	38	43	45	50	32	45	43	45	E	-
125-80-200	CS50	25	15,2	115	219	180	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
125-80-250	CS50	19	15,8	115	269	220	38	43	45	50	32	45	43	45	E	X
125-100-160	CS50	38	16,4	135	185	155	38	43	45	50	32	45	43	45	E	-
125-100-200	CS50	33	17,9	142	219	179	38	43	45	50	32	45	43	45	E	-
100-65-315	CS60	14	13,0	107	320	270	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
125-80-315	CS60	19	17,8	115	334	281	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
125-80-400	CS60	15	14,3	129	398	330	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
125-100-250	CS60	27	18,8	145	262	216	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
125-100-315	CS60	23	19,9	142	334	280	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
125-100-400	CS60	18	17,1	142	401	329	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
150-125-200	CS60	41	21,1	160	224	162	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
150-125-250	CS60	37	22,4	162	269	218	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
150-125-315	CS60	31	22,6	162	334	280	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
150-125-400	CS60	26	20,9	162	419	330	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
200-150-200	CS60	60	25,2	179	224	158	48	53	55	60	42	55	53	55	E	-
200-150-250	CS60	49	23,0	191	269	220	48	53	55	60	42	55	53	55	E	X
200-150-315	CS80	40	26,9	192	334	264	60	65	65	80	48	65	65	65	E	X
200-150-400	CS80	33	23,8	191	419	330	60	65	65	80	48	65	65	65	E	-
200-150-500	CS80	23	19,1	190	504	400	60	65	65	80	48	65	65	65	D	-
200-200-250	CS80	62	37,2	190	260	200	60	65	65	80	48	65	65	65	E	-
250-200-315	CS80	50	20,8	222	320	260	60	65	65	80	48	65	65	65	E	X
250-200-400	CS80	40	18,4	222	404	320	60	65	65	80	48	65	65	65	D	X
250-200-500	CS80	32	20,6	222	504	400	60	65	65	80	48	65	65	65	D	-
300-250-315	CS80	73	26,7	270	324	260	60	65	65	80	48	65	65	65	D	X

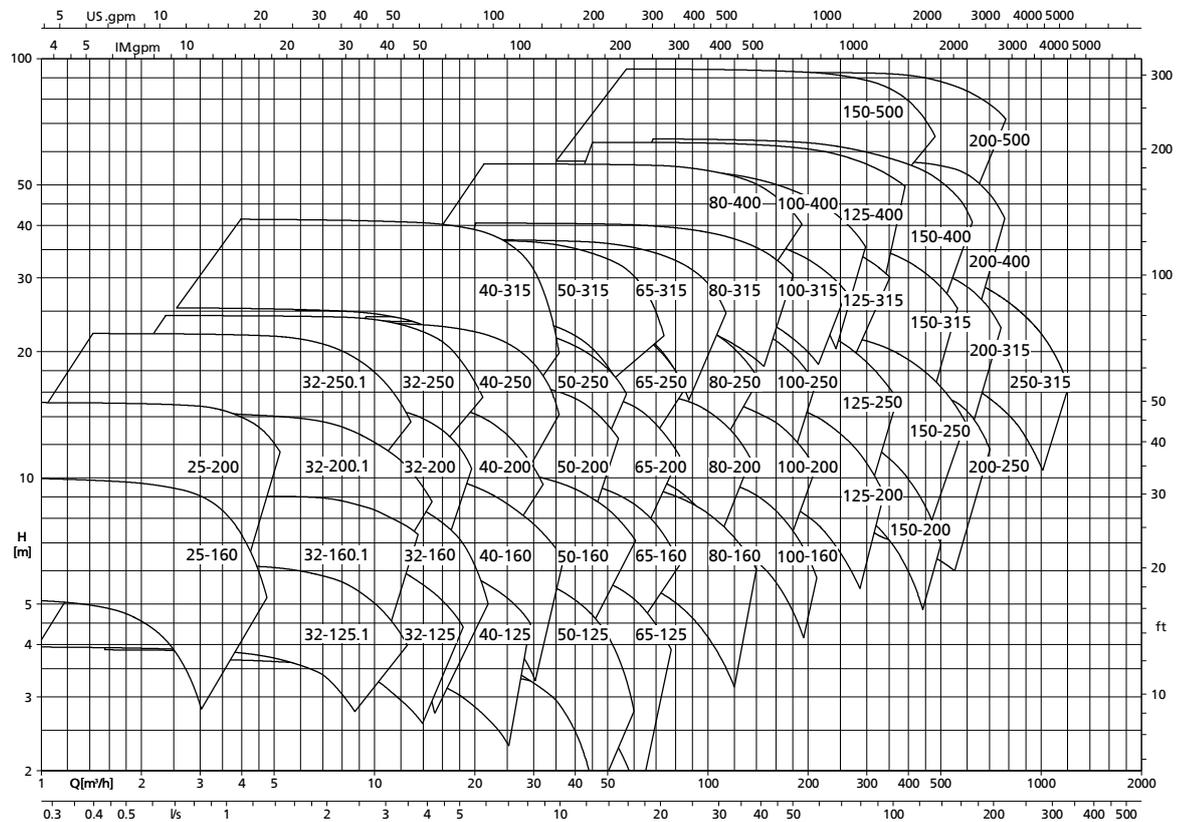
17) E = Espiral simple, D = Espiral doble

Campos característicos

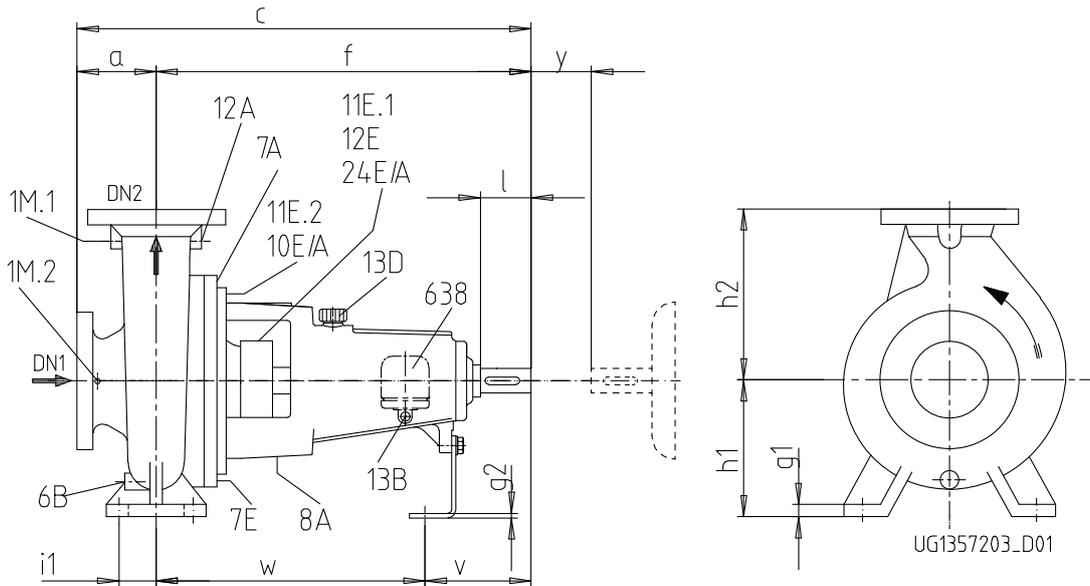
MegaCPK, $n = 2.900 \text{ min}^{-1}$



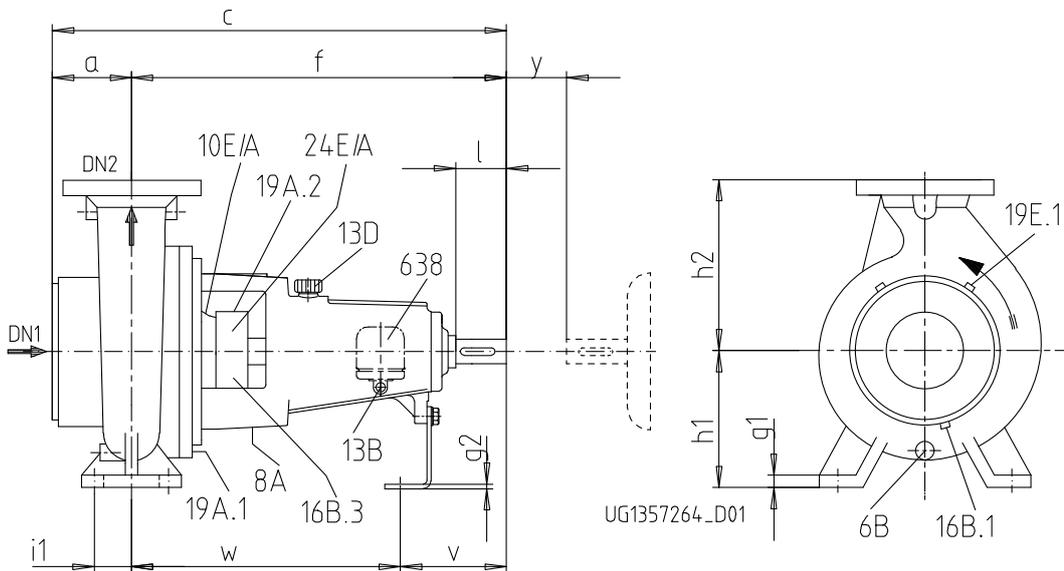
MegaCPK, $n = 1.450 \text{ min}^{-1}$



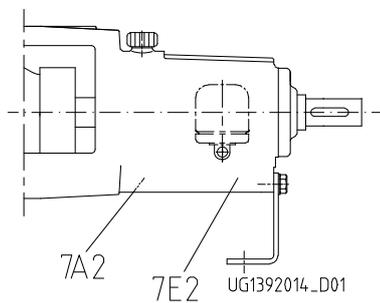
Dimensiones y conexiones



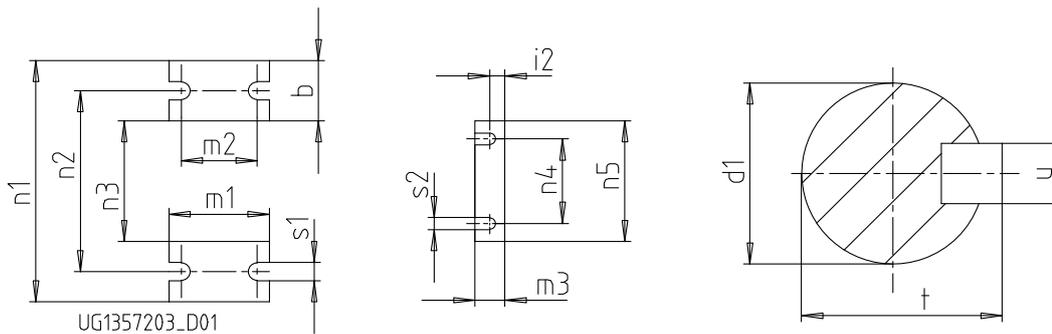
Dimensiones de la bomba



Dimensiones del modelo "h" calefactable

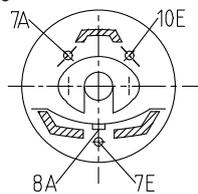


Modelo con soporte de cojinetes refrigerable

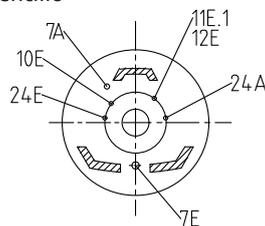


Dimensiones de los pies de la bomba y del extremo del eje

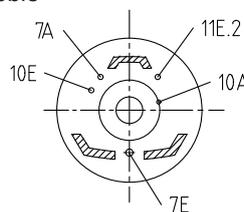
Empaquetadura de prensa-
topas



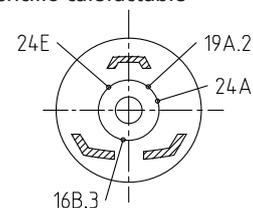
Cierre mecánico,
sencillo



Cierre mecánico,
doble



Cierre mecánico,
sencillo calefactable



Conexiones del cierre del eje

Conexiones en Europa

Conexión	Boca de impulsión			Denominación
	≤ DN 50	DN 65 - DN 80	≥ DN 100	
1 M.1	G1/4	G3/8	G1/2	Manómetro
1 M.2	G1/4	G3/8	G1/2	Manómetro
6B	G1/4	G3/8	G1/2	Vaciado del líquido de bombeo
7 E/A ¹⁸⁾	Ø 12 (CS40: Ø 8)			Líquido refrigerante activado/desactivado
7 E2/A2 ¹⁸⁾	G1 (CS40: G3/4)			Líquido refrigerante activado/desactivado
8 A ¹⁸⁾	Rp1/2			Drenaje del líquido de fuga
10 E/A	G1/4			Líquido de cierre activado/desactivado
11 E.1	G1/4			Líquido de enjuague activado
11 E.2	G1/4			Líquido de enjuague activado
12 E	G1/4			Líquido de circulación activado
12 A	G1/4	G3/8	G1/2	Líquido de circulación desactivado
13 B	G3/8			Vaciado de aceite
13 D	Ø 20			Tapón de ventilación
16 B.1	G1/4			Drenaje de condensado
16 B.3	G1/4			Drenaje de condensado
19 E.1	G3/8			Líquido de calefacción activado
19 A.1	Ø 12 (CS40: Ø 8)			Líquido de calefacción desactivado
19 A.2	G3/8			Líquido de calefacción desactivado
24 E/A	G1/4			Líquido de templado activado/desactivado
638	Rp1/4			Regulador de nivel de aceite

¹⁸⁾ opcional

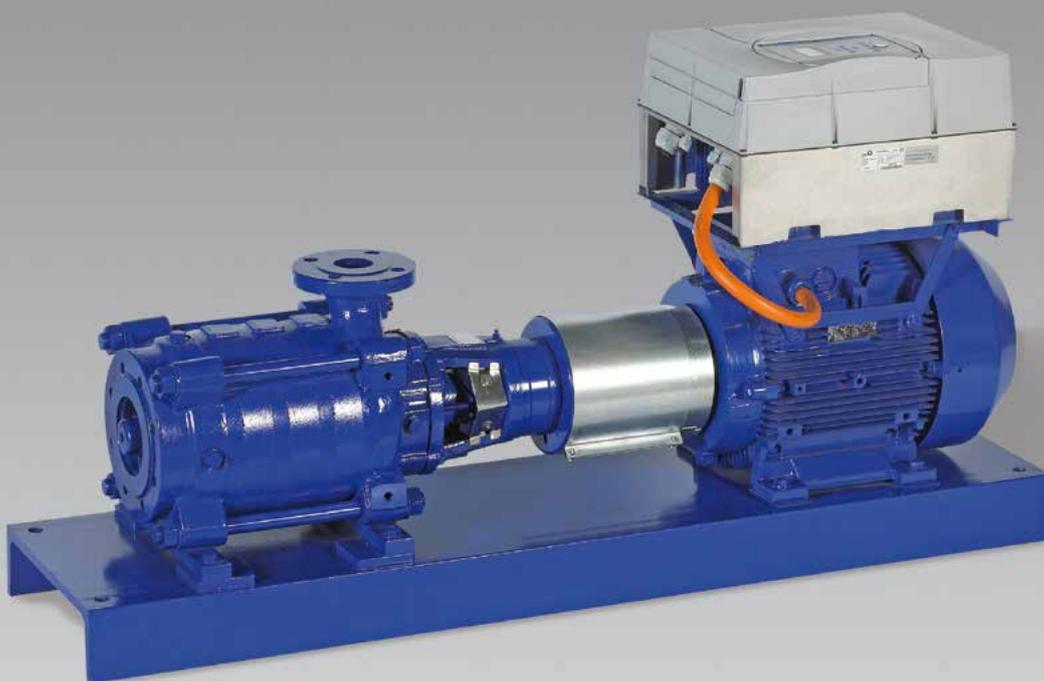
Dimensiones de la bomba

Tamaño	Soporte de cojinetes	Medidas de la bomba [mm]														
		DN1	DN2	a	b	c	f	g1	g2	h1	h2	m1	m3	n1	n3	n5
040-025-160	CS40	40	25	80	50	465	385	15	4	132	160	100	48	240	140	160
040-025-200	CS40	40	25	80	50	465	385	15	4	160	180	100	48	240	140	160
050-032-125	CS40	50	32	80	50	465	385	15	4	112	140	100	48	190	90	160
050-032-125.1	CS40	50	32	80	50	465	385	15	4	112	140	100	48	190	90	160
050-032-160	CS40	50	32	80	50	465	385	15	4	132	160	100	48	240	140	160
050-032-160.1	CS40	50	32	80	50	465	385	15	4	132	160	100	48	240	140	160
050-032-200	CS40	50	32	80	50	465	385	18	4	160	180	100	48	240	140	160
050-032-200.1	CS40	50	32	80	50	465	385	18	4	160	180	100	48	240	140	160
065-040-125	CS40	65	40	80	50	465	385	15	4	112	140	100	48	210	110	160
065-040-160	CS40	65	40	80	50	465	385	15	4	132	160	100	48	240	140	160
065-040-200	CS40	65	40	100	50	485	385	18	4	160	180	100	48	265	165	160
080-050-125	CS40	80	50	100	50	465	385	18	4	132	160	100	48	240	140	160
080-050-160	CS40	80	50	100	50	485	385	18	4	160	180	100	48	265	165	160
080-050-200	CS40	80	50	100	50	485	385	18	4	160	200	100	48	265	165	160
100-065-125	CS40	100	65	100	65	485	385	18	4	160	180	125	48	280	150	160
050-032-250	CS50	50	32	100	65	600	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
050-032-250.1	CS50	50	32	100	65	600	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
065-040-250	CS50	65	40	100	65	600	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
065-040-315	CS50	65	40	125	65	625	500	18	6	200	250	125	48	345	215	160
080-050-250	CS50	80	50	125	65	625	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
080-050-315	CS50	80	50	125	65	625	500	18	6	225	280	125	48	345	215	160
100-065-160	CS50	100	65	100	65	600	500	18	4	160	200	125	48	280	150	160
100-065-200	CS50	100	65	100	65	600	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
100-065-250	CS50	100	65	125	80	625	500	20	6	200	250	160	48	360	200	160
125-080-160	CS50	125	80	125	65	625	500	18	4	180	225	125	48	320	190	160
125-080-200	CS50	125	80	125	65	625	500	18	4	180	250	125	48	345	215	160
125-080-250	CS50	125	80	125	80	625	500	18	6	225	280	160	48	400	240	160
125-100-160	CS50	125	100	125	80	625	500	18	6	200	280	160	48	360	200	160
125-100-200	CS50	125	100	125	80	625	500	18	6	200	280	160	48	360	200	160
100-065-315	CS60	100	65	125	80	655	530	20	6	225	280	160	48	400	240	160
125-080-315	CS60	125	80	125	80	655	530	20	6	250	315	160	48	400	240	160
125-080-400	CS60	125	80	125	80	655	530	20	6	280	355	160	48	435	275	160
125-100-250	CS60	125	100	140	80	670	530	18	6	225	280	160	48	400	240	160
125-100-315	CS60	125	100	140	80	670	530	18	6	250	315	160	48	400	240	160
125-100-400	CS60	125	100	140	100	670	530	20	6	280	355	200	48	500	300	160
150-125-200	CS60	150	125	140	80	670	530	20	6	250	315	160	48	400	240	160
150-125-250	CS60	150	125	140	80	670	530	20	6	250	355	160	48	400	240	160
150-125-315	CS60	150	125	140	100	670	530	20	6	280	355	200	48	500	300	160
150-125-400	CS60	150	125	140	100	670	530	20	6	315	400	200	48	500	300	160
200-150-200	CS60	200	150	180	100	710	530	20	6	280	400	200	48	550	350	160
200-150-250	CS60	200	150	160	100	690	530	20	6	280	375	200	48	500	300	160
200-150-315	CS80	200	150	160	100	830	670	20	8	315	400	200	60	550	350	200
200-150-400	CS80	200	150	160	100	830	670	20	8	315	450	200	60	550	350	200
200-150-500	CS80	200	150	180	100	850	670	22	8	375	500	200	60	550	350	200
200-200-250	CS80	200	200	180	100	850	670	22	8	355	425	200	60	550	350	200
250-200-315	CS80	250	200	200	100	870	670	22	8	355	450	200	60	550	350	200
250-200-400	CS80	250	200	180	100	850	670	22	8	355	500	200	60	550	350	200
250-200-500	CS80	250	200	200	100	870	670	22	8	425	560	200	60	660	460	200
300-250-315	CS80	300	250	250	130	920	670	26	8	400	560	260	60	690	430	200

Dimensiones de los pies de la bomba y del extremo del eje

Tamaño	Soporte de cojinetes	Extremo del eje [mm]					Patatas de la bomba [mm]								
		d1	l	t	u	y	i1	i2	m2	n2	n4	s1	s2	v	w
040-025-160	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
040-025-200	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
050-032-125	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	140	110	14	14	100	285
050-032-125.1	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	140	110	14	14	100	285
050-032-160	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
050-032-160.1	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
050-032-200	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
050-032-200.1	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
065-040-125	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	160	110	14	14	100	285
065-040-160	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
065-040-200	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	212	110	14	14	100	285
080-050-125	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	190	110	14	14	100	285
080-050-160	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	212	110	14	14	100	285
080-050-200	CS40	24	50	27	8	100	35	20	70	212	110	14	14	100	285
100-065-125	CS40	24	50	27	8	100	47,5	20	95	212	110	14	14	100	285
050-032-250	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
050-032-250.1	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
065-040-250	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
065-040-315	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	280	110	14	14	130	370
080-050-250	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
080-050-315	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	280	110	14	14	130	370
100-065-160	CS50	32	80	35	10	100	47,5	20	95	212	110	14	14	130	370
100-065-200	CS50	32	80	35	10	140	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
100-065-250	CS50	32	80	35	10	140	60	20	120	280	110	18	14	130	370
125-080-160	CS50	32	80	35	10	140	47,5	20	95	250	110	14	14	130	370
125-080-200	CS50	32	80	35	10	140	47,5	20	95	280	110	14	14	130	370
125-080-250	CS50	32	80	35	10	140	60	20	120	315	110	18	14	130	370
125-100-160	CS50	32	80	35	10	140	60	20	120	280	110	19	14	130	370
125-100-200	CS50	32	80	35	10	140	60	20	120	280	110	18	14	130	370
100-065-315	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370
125-080-315	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370
125-080-400	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	355	110	18	14	160	370
125-100-250	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370
125-100-315	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370
125-100-400	CS60	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370
150-125-200	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	19	14	160	370
150-125-250	CS60	42	110	45	12	140	60	20	120	315	110	18	14	160	370
150-125-315	CS60	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370
150-125-400	CS60	42	110	45	12	140	75	20	150	400	110	23	14	160	370
200-150-200	CS60	42	110	45	12	180	75	20	150	450	110	24	14	160	370
200-150-250	CS60	42	110	45	12	180	75	20	150	400	110	23	14	160	370
200-150-315	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
200-150-400	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
200-150-500	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
200-200-250	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
250-200-315	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
250-200-400	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	450	140	23	18	170	500
250-200-500	CS80	48	110	51	14	180	75	39	150	560	140	23	18	170	500
300-250-315	CS80	48	110	51	14	180	95	39	190	560	140	28	18	170	500

Multitec – High-pressure Pump in Ring-section Design



Multitec with PumpDrive

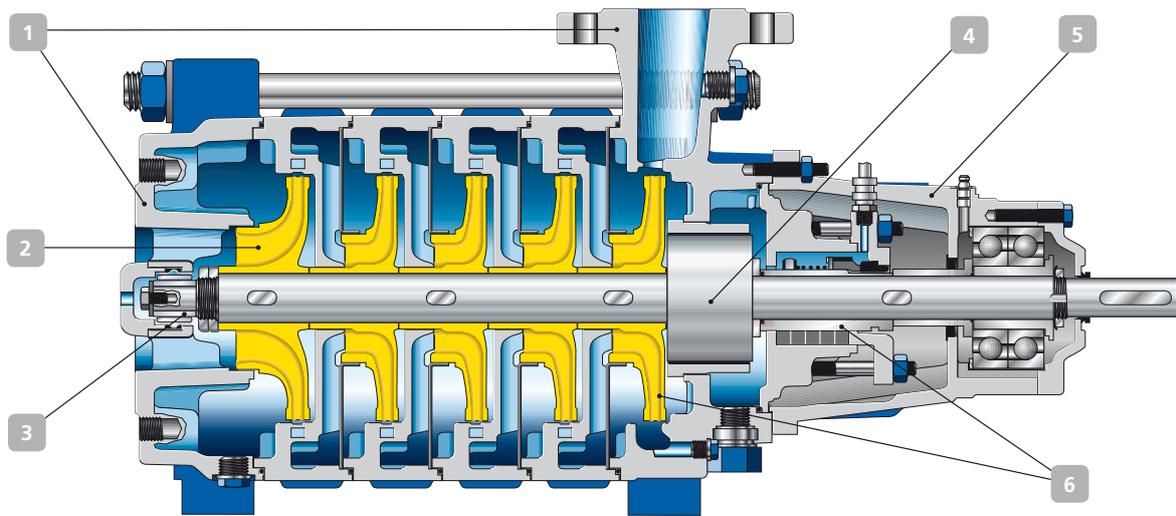
Applications:

- Water supply
- Drinking water supply (ACS)
- Industry
- Irrigation
- Power stations
- Heating, filtering, fire-fighting, reverse osmosis, snow guns, washing plants

More information:

www.ksb.com/products

Multitec – High-pressure Pump in Ring-section Design



1 Flexible

Ideal adjustment of suction and discharge nozzles to the system

2 Low NPSH

Special suction impeller

3 Reliable

Wear-resistant, self-aligning plain bearing made of silicon carbide

4 High availability

Axial thrust balancing for a long service life

5 Service-friendly

Easy dismantling of bearing and mechanical seal

6 Low operating costs

Only one shaft seal and hydraulic system with optimum efficiency

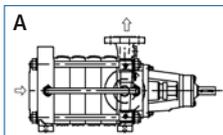
Versatile

Large choice of materials and designs

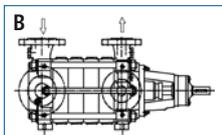
Energy savings of up to 60%

On pump sets equipped with PumpDrive, the motor speed is controlled automatically to match current demand.

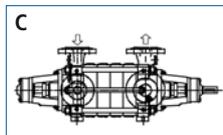
Designs



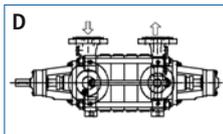
Horizontal long-coupled design with axial inlet and plain bearing



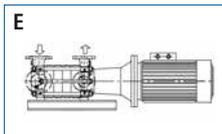
Horizontal long-coupled design with radial inlet and plain bearing



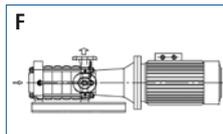
Horizontal long-coupled design with radial nozzles rolling element bearing on both ends and drive on the discharge side



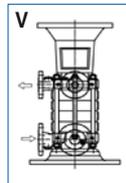
Horizontal long-coupled design with radial nozzles rolling element bearing on both ends and drive on the suction side



Horizontal close-coupled pump with radial inlet



Horizontal close-coupled pump with axial inlet



Vertical close-coupled design

Technical data

Size	DN 32 to 150
Flow rate	Up to 850 m ³ /h
Head	Up to 630 m (1,000 m)
Fluid temperature	-10 to +200 °C
Pump discharge pressure	Up to 63 bar (100 bar)

Materials

Cast iron, bronze, cast steel, stainless steel, duplex and super duplex stainless steel

Automation available

PumpDrive, PumpMeter, Hyamaster



KSB Aktiengesellschaft
 Johann-Klein-Straße 9
 67227 Frankenthal (Germany)
www.ksb.com

High-pressure Pumps

High-pressure Centrifugal Pump

Multitec/Multitec-RO



Main applications

- Water supply
- Drinking water supply
- Pressure boosting
- Irrigation systems
- Fossil-fuelled power stations
- Hot-water supply
- Condensate transport
- Boiler feed applications
- Heating systems
- Filtering systems
- Fire-fighting systems
- Snow-making systems
- Washing plants
- Industrial plants
- Desalination plants
- Geothermal plants
- Heat recovery systems

Fluids handled

- Water
- Drinking water
- Feed water
- High-temperature hot water
- Condensate

- Fire-fighting water
- Solvents
- Lubricants
- Fuels
- Cooling water
- Water/oil emulsions
- Seawater
- Thermal water

Operating data

Operating data

Characteristic	Value	
Sizes		DN 32 to 150
Flow rates	Q	Up to 850 m ³ /h, 236 l/s
Heads	H	Up to 630 m, (1000 m ¹⁾)
Operating temperature	t	-10 °C to +200 °C
Operating pressures	p ₂ ²⁾	Up to 63 bar, (100 bar ¹⁾)

Designation

Example: Multitec³⁾ A 32/8E-2.1 12.65 (SP)

Key to the designation

Code	Description
Multitec	Type series
A	Installation type
32	Nominal discharge nozzle diameter [mm]
8E	No. of stages / impeller combination
2.1	Hydraulic system
12	Material code
65	Seal code
SP	Code for special variants (optional)

Example: Multitec-RO⁴⁾ A 100/5-8.1 31.80

Key to the designation

Code	Description
Multitec-RO	Type series
A	Installation type
100	Nominal discharge nozzle diameter [mm]
5	Number of stages
8.1	Hydraulic system
31	Casing material (duplex stainless steel)
80	Seal code

Design details

Design

- Multistage centrifugal pump in ring-section design
- Horizontal installation in long-coupled or close-coupled design
- Vertical installation in close-coupled design or with cardan shaft

Pump casing

- Suction casing: axial or radial

1) Only for individual sizes/designs

2) The sum of inlet pressure and shut-off head must not exceed the value indicated.

3) Code: MTC

4) Code: MTC-RO

- Radial suction casing and discharge casing: nozzles can be turned in steps of 90°
- Flanges to EN and ASME (holes and flange facing)
- Identical seal housing for gland packing and mechanical seal (separate component)
- Stage casings, discharge casings and seal housing sealed by confined O-rings

Drive

- 50 Hz and 60 Hz electric motor
- Can be driven by diesel engine or turbine

Impeller type

- Closed radial impeller with multiply curved vanes

Bearings

- Fixed bearing, drive end: rolling element bearing
- Radial bearing, non-drive end: either plain bearing or rolling element bearing, depending on the type of installation
- Lubrication:
 - Rolling element bearing grease or oil lubricated
 - Plain bearing lubricated by fluid handled

- Self-aligning

Coupling

- Long-coupled designs: flexible coupling with or without spacer
- Close-coupled design up to DN 65 with rigid coupling, larger designs with flexible coupling without spacer

Coupling guard

- Standard coupling guard, cylindrical
- Optional: tread-proof coupling guard

Shaft seal

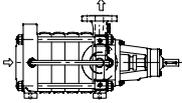
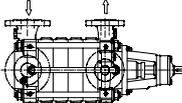
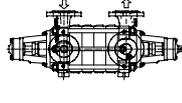
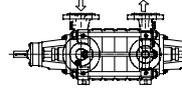
- Uncooled gland packing, with or without barrier fluid
- Standardised mechanical seal to EN 12756, cooled or uncooled, single or double
- Cartridge mechanical seal

Materials

- Casing: grey cast iron, steel, stainless steel, duplex stainless steel, super duplex stainless steel
- Hydraulic system: grey cast iron, bronze, stainless steel, duplex stainless steel, super duplex stainless steel

Technical description

Designs A, B, C and D

Design	A ⁵⁾	B ⁵⁾	C ⁵⁾	D ⁶⁾
				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal design, baseplate mounted ▪ Only one shaft passage (drive end) ▪ Rolling element bearing at the drive end / plain bearing on the suction side ▪ Axial suction nozzle (block flange up to size 50) ▪ Drive on discharge side <p>Q/H range: complete range</p> <p>Multitec-RO: design A only</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal design, baseplate mounted ▪ Only one shaft passage (drive end) ▪ Rolling element bearing at the drive end / plain bearing on the suction side ▪ Radial suction nozzle ▪ Drive on discharge side <p>Q/H range: complete range</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal design, baseplate mounted ▪ Two shaft passages ▪ Rolling element bearings at the drive end and on the suction side ▪ Drive on discharge side <p>Q/H range: complete range</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal design, baseplate mounted ▪ Two shaft passages ▪ Rolling element bearings at the drive end and on the discharge side ▪ Drive on suction side <p>Q/H range: complete range</p>
Drive	Electric motor, diesel engine, turbine			
Axial thrust balancing	By balance drum ⁷⁾			
Q _{max} ⁸⁾	840 m ³ /h			
H _{max}	630 m (1000 m ⁹⁾)			
p _{2 max}	63 bar (100 bar ⁹⁾)			
t _{max}	-10 °C to +200 °C, Multitec-RO up to 45 °C			
Shaft seal	Uncooled gland packing, cooled or uncooled mechanical seal; single or double cartridge mechanical seal			
Material	<p>Casing:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grey cast iron, steel, stainless steel for Multitec ▪ Duplex and super duplex stainless steel for Multitec-RO <p>Hydraulic system:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grey cast iron, bronze, stainless steel for Multitec ▪ Duplex and super duplex stainless steel for Multitec-RO 		<p>Casing: grey cast iron, steel, stainless steel</p> <p>Hydraulic system: grey cast iron, bronze, stainless steel</p>	

⁵⁾ The direction of rotation is clockwise, seen from the motor end.

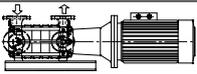
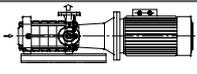
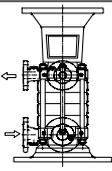
⁶⁾ The direction of rotation is counter-clockwise, seen from the motor end.

⁷⁾ For small numbers of stages without balance drum the axial thrust is completely absorbed by the thrust bearing.

⁸⁾ Note: The indicated Q values apply to 50 Hz; for 60 Hz values refer to the individual characteristic curves.

⁹⁾ Only for individual sizes/designs

Designs E, F and V

Design	E ⁵⁾	F ⁵⁾	V ⁵⁾	
				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal close-coupled pump ▪ Common bearing for pump and motor ▪ Rigid coupling ▪ Radial suction nozzle ▪ Plain bearing at the suction side <p>Q/H range: 100 m³/h, 250 m, up to nominal diameter 65</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontal close-coupled pump ▪ Common bearing for pump and motor ▪ Rigid coupling ▪ Axial suction nozzle ▪ Plain bearing at the suction side <p>Q/H range: 100 m³/h, 250 m, up to nominal diameter 65</p>	<p>Vertical close-coupled pump</p> <p>Q/H range: up to 200 kW⁸⁾</p>	
Drive	Standardised motor		Standardised motor, fixed bearing at the drive end ¹⁰⁾	Standardised motor
Fixed bearing	Motor ¹⁰⁾		Motor ¹⁰⁾ : DN 32, DN 50, DN 65	In lantern: DN 100, DN125, DN 150
Axial thrust balancing	By balance drum		By balance drum	By balance drum
Q _{max} ⁸⁾	100 m ³ /h		400 m ³ /h	
H _{max}	250 m		630 m	
p _{2 max}	40 bar		63 bar	
t _{max}	-10 °C to +140 °C		-10 °C to +140 °C	
Shaft seal	Uncooled gland packing, uncooled mechanical seal, single		Uncooled gland packing, uncooled mechanical seal, single	
Material	<p>Casing: grey cast iron</p> <p>Hydraulic system: grey cast iron, bronze</p>		<p>Casing: grey cast iron, steel, stainless steel</p> <p>Hydraulic system: grey cast iron, bronze, stainless steel</p>	

¹⁰⁾ For Multitec 32, Multitec 50 and Multitec 65 the motor bearings on the coupling side are fixed bearings

Product benefits

- Space-saving compact design with axial inlet and product-lubricated plain bearing
- Flexible, best matching adaptation to system condition by variety of installation types and variable nozzle position
- Low NPSH value, improved suction behaviour and operating reliability for suction lift operation by special suction impeller
- Optimised efficiencies and reduced operating costs by newly developed hydraulic system
- Versatile use by broad range of installation types, materials and shaft seals
- Optimum selection for fluid to be pumped and operating conditions by large choice of materials
- High resistance by casing wear rings / closing discs made of corrosion-resistant material, economical and easy to replace
- Shaft protected from wear by shaft protecting sleeve made of stainless steel
- Axial thrust balancing by balance drum
 - Low bearing load at changing operating condition
 - Long life of rolling element bearings and shaft seals
 - Use of standardised seals due to lower pressure in the shaft seal chamber
- Longer service life, higher operating reliability, lower operating costs, maintenance costs and investment costs by maintenance-free, robust plain bearing made of silicon carbide, also suitable for operation with frequent starts/stops.

- Service-friendly by bearing assembly and mechanical seal being easy to dismantle

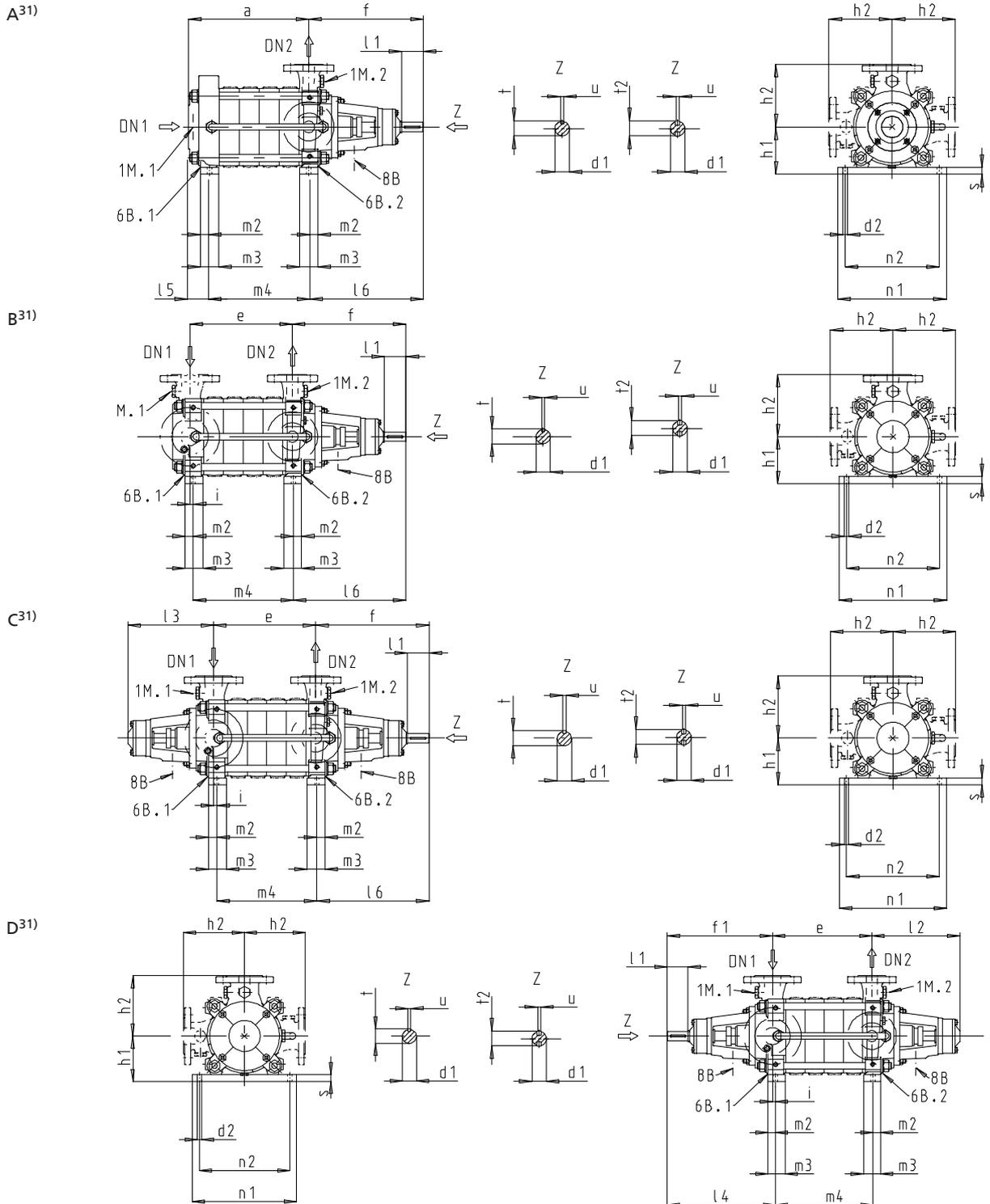
Acceptance tests / Guarantees

Certificates / inspections/ acceptance tests on request:

- Test reports 2.2 to EN 10204 for pressure-retaining components, shaft and impellers
- Hydrostatic pressure test of pressure-retaining components
- Balancing test
- Hydraulic tests:
 - Performance test to ISO 9906 or Hydraulic Institute
 - NPSH test
 - Vibration test
 - Bearing temperature measurement
- Strip test
- Dimensional inspection
- Coating inspection
- Final inspection and testing

Dimensions

Dimensions of Multitec A, B, C, D and Multitec-RO



31) Some designs are fitted with a shaft with two keys.

Shaft dimensions [mm]

Size	d ₁	t	t ₂	u	Size	d ₁	t	t ₂	u
32	22	24,5	-	6	100	40	43	46	12
50	28	31	-	8	125	50	53,5	57	14
65	32	35	38	10	150	60	64	-	18

Connections

	G = ISO 228/1, Rp = ISO 7/1	Multitec A / Multitec-RO A						Multitec B, C, D					
		32	50	65	100	125	150	32	50	65	100	125	150
1M.1 ³²⁾	G	-	-	½	½	½	1	½	½	½	½	½	½
1M.2 ³²⁾	G	½	½	½	½	½	½	½	½	½	½	½	½
6B.1 ³²⁾	G	-	-	¼	½	½	½	¼	¼	½	½	½	1
6B.2 ³²⁾	G	¼	¼	½	½	½	½	¼	¼	½	½	½	½
8B	Rp	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜	⅜

Dimensions of Multitec A, B, C and D [mm]

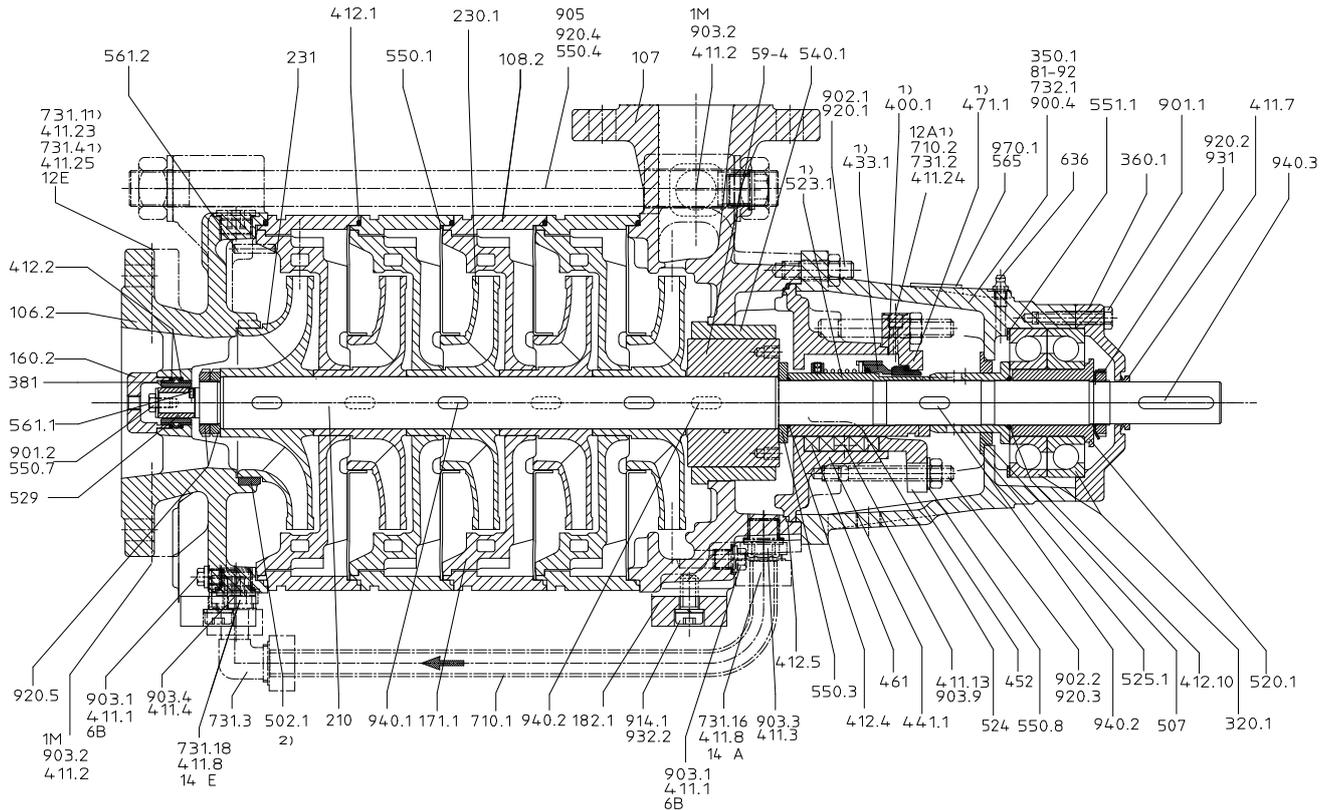
Multitec A, B, C, D	Number of stages	Material code		DN ₁	DN ₂	a	d _{1k7}	d ₂	e	f	f ₁	h ₁	h ₂	i	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	m ₂	m ₃	m ₄	n ₁	n ₂	s		
		Axial	Radial																									
32	2	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 30		65	50	32	168	22	16	121	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	115	330	290	20	
	3			65	50	32	223	22	16	176	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	170	330	290	20	
	4			65	50	32	278	22	16	231	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	225	330	290	20	
	5			65	50	32	333	22	16	286	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	280	330	290	20	
	6			65	50	32	388	22	16	341	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	335	330	290	20	
	7			65	50	32	443	22	16	396	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	390	330	290	20	
	8			65	50	32	498	22	16	451	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	445	330	290	20	
	9			65	50	32	553	22	16	506	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	500	330	290	20	
	10			65	50	32	608	22	16	561	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	555	330	290	20	
	11			65	50	32	663	22	16	616	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	610	330	290	20	
	12			65	50	32	718	22	16	671	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	665	330	290	20	
	13			65	50	32	773	22	16	726	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	720	330	290	20	
	14			65	50	32	828	22	16	781	309	295	132	175	9	50	255	241	304	56	306	20	40	775	330	290	20	
	50			2	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 30, 31 (RO), 33 (RO)		100	80	50	190 ³³⁾	28	16	151	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	128	330
3		100	80	50			252 ³³⁾	28	16	213	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	190	330	290	20	
4		100	80	50			314 ³³⁾	28	16	275	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	252	330	290	20	
5		100	80	50			376 ³³⁾	28	16	337	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	314	330	290	20	
6		100	80	50			438 ³³⁾	28	16	399	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	376	330	290	20	
7		100	80	50			500 ³³⁾	28	16	461	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	438	330	290	20	
8		100	80	50			562 ³³⁾	28	16	523	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	500	330	290	20	
9		100	80	50			624 ³³⁾	28	16	585	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	562	330	290	20	
10		100	80	50			686 ³³⁾	28	16	647	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	624	330	290	20	
11		100	80	50			748 ³³⁾	28	16	709	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	686	330	290	20	
12		100	80	50			810 ³³⁾	28	16	771	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	748	330	290	20	
13		100	80	50			872 ³³⁾	28	16	833	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	810	330	290	20	
14		100	80	50			934 ³³⁾	28	16	895	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	872	330	290	20	
15		100	80	50			996 ³³⁾	28	16	957	350	338	150	200	18	61	262	250	356	57 ³³⁾	355	20	40	934	330	290	20	
65	2	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 30, 31 (RO), 33 (RO)		125	100	65	247	32	20	189	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	169	405	365	25	
	3			125	100	65	326	32	20	268	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	248	405	365	25	
	4			125	100	65	405	32	20	347	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	327	405	365	25	
	5			125	100	65	484	32	20	426	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	406	405	365	25	
	6			125	100	65	563	32	20	505	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	485	405	365	25	
	7			125	100	65	642	32	20	584	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	564	405	365	25	
	8			125	100	65	721	32	20	663	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	643	405	365	25	
	9			125	100	65	800	32	20	742	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	722	405	365	25	
	10			125	100	65	879	32	20	821	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	801	405	365	25	
	11			125	100	65	958	32	20	900	393	380	190	225	18	82	303	291	399	77	394	30	60	880	405	365	25	
	12			125	-	65	1037	32	20	-	393	-	190	225	-	82	-	-	-	-	77	394	30	60	959	405	365	25
	13			125	-	65	1116	32	20	-	393	-	190	225	-	82	-	-	-	-	77	394	30	60	1038	405	365	25
	14			125	-	65	1195	32	20	-	393	-	190	225	-	82	-	-	-	-	77	394	30	60	1117	405	365	25
	15			125	-	65	1274	32	20	-	393	-	190	225	-	82	-	-	-	-	77	394	30	60	1196	405	365	25
	16			125	-	65	1353	32	20	-	393	-	190	225	-	82	-	-	-	-	77	394	30	60	1275	405	365	25

32) Not provided on Multitec RO A

33) For material variants 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 30, 31 (RO) with ANSI flanges add 15 mm to dimensions "a" and "l5".

Multitec A, B, C, D	Number of stages	Material code		DN ₂	a	d _{1k7}	d ₂	e	f	f ₁	h ₁	h ₂	i	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	m ₂	m ₃	m ₄	n ₁	n ₂	s	
		Axial	Radial																							
		DN ₁	DN ₂																							
100	2	150	125	100	306	40	26	233	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	213	504	450	30	
	3	150	125	100	396	40	26	323	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	303	504	450	30	
	4	150	125	100	486	40	26	413	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	393	504	450	30	
	5	150	125	100	576	40	26	503	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	483	504	450	30	
	6	150	125	100	666	40	26	593	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	573	504	450	30	
	7	150	125	100	756	40	26	683	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	663	504	450	30	
	8	150	125	100	846	40	26	773	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	753	504	450	30	
	9	150	125	100	936	40	26	863	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	843	504	450	30	
	10	150	125	100	1026	40	26	953	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	933	504	450	30	
	11	150	125	100	1116	40	26	1043	472	463	235	275	30	110	339	329	492	103	462	35	70	1023	504	450	30	
	125	2	200	150	125	393	50	26	292	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	306	320	250	30
3		200	150	125	505	50	26	404	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	418	320	250	30	
4		200	150	125	617	50	26	516	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	530	320	250	30	
5		200	150	125	729	50	26	628	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	642	320	250	30	
6		200	150	125	841	50	26	740	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	754	320	250	30	
7		200	150	125	953	50	26	852	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	866	320	250	30	
8		200	150	125	1065	50	26	964	488	478	300	325	10	110	355	345	488	111	464	22	94	978	320	250	30	
2		200	150	125	393	50	30	292	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	255	605	561	50	
3		200	150	125	505	50	30	404	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	367	605	561	50	
4		200	150	125	617	50	30	516	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	479	605	561	50	
5		200	150	125	729	50	30	628	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	591	605	561	50	
6		200	150	125	841	50	30	740	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	703	605	561	50	
7		200	150	125	953	50	30	852	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	815	605	561	50	
8		200	150	125	1065	50	30	964	488	478	300	325	38	110	355	345	512	136	490	45	90	927	605	561	50	
150		2	250	200	150	452	60	34	338	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	342	350	265	30
		3	250	200	150	584	60	34	470	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	474	350	265	30
	4	250	200	150	716	60	34	602	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	606	350	265	30	
	5	250	200	150	848	60	34	734	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	738	350	265	30	
	6	250	200	150	980	60	34	866	594	578	350	400	22	140	426	411	600	137	567	30	104	870	350	265	30	
	2	250	200	150	452	60	36	338	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	294	735	679	50	
	3	250	200	150	584	60	36	470	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	426	735	679	50	
	4	250	200	150	716	60	36	602	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	558	735	679	50	
	5	250	200	150	848	60	36	734	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	690	735	679	50	
	6	250	200	150	980	60	36	866	594	578	350	400	46	140	426	411	624	161	591	50	100	822	735	679	50	

General assembly drawing with list of components (example)



Multitec, installation type A, size 65-100

List of components

List of components

Part No.	Description	Part No.	Description
106.2	Suction casing	524	Shaft protecting sleeve
107	Discharge casing	525.1	Spacer sleeve
108.2	Stage casing	529	Bearing sleeve SiC
160.2	Cover	540.1	Bush
171.1	Diffuser	550.1/.3/.4/.7/.8	Disc
182.1	Foot	551.1	Spacer disc
210	Shaft	561.1/.2	Grooved pin
230.1	Impeller	565	Rivet
231	Suction-stage impeller	59-4	Balance drum
320.1	Rolling element bearing	636	Lubricating nipple
350.1	Bearing housing	710.1/.2	Pipe
360.1	Bearing cover	731.1/.2/.3/.4/.16/.18	Pipe union
381	Bearing cartridge	732.1	Bracket
400.1	Gasket	81-92	Cover plate
411.1/.2/.3/.4/.7/.8/.13/.23/.24/.25	Joint ring	900.4	Screw
412.1/.2/.4/.5/.10	O-ring	901.1/.2	Hexagon head bolt
433.1	Mechanical seal	902.1/.2	Stud
441.1	Shaft seal housing	903.1/.2/.3/.4/.9	Screw plug
452	Gland follower	905	Tie bolt
461	Gland packing	914.1	Hexagon socket head cap screw
471.1	Seal cover	920.1/.2/.3/.4/.5	Nut
502.1	Casing wear ring	931	Lock washer
507	Thrower	932.2	Circlip
520.1	Sleeve	940.1/.2/.3	Key
523.1	Shaft sleeve	970.1	Label/plate

Bombas de dosificación de membrana magnéticas

Bombas de bajo desgaste para bajas potencias

Funcionamiento

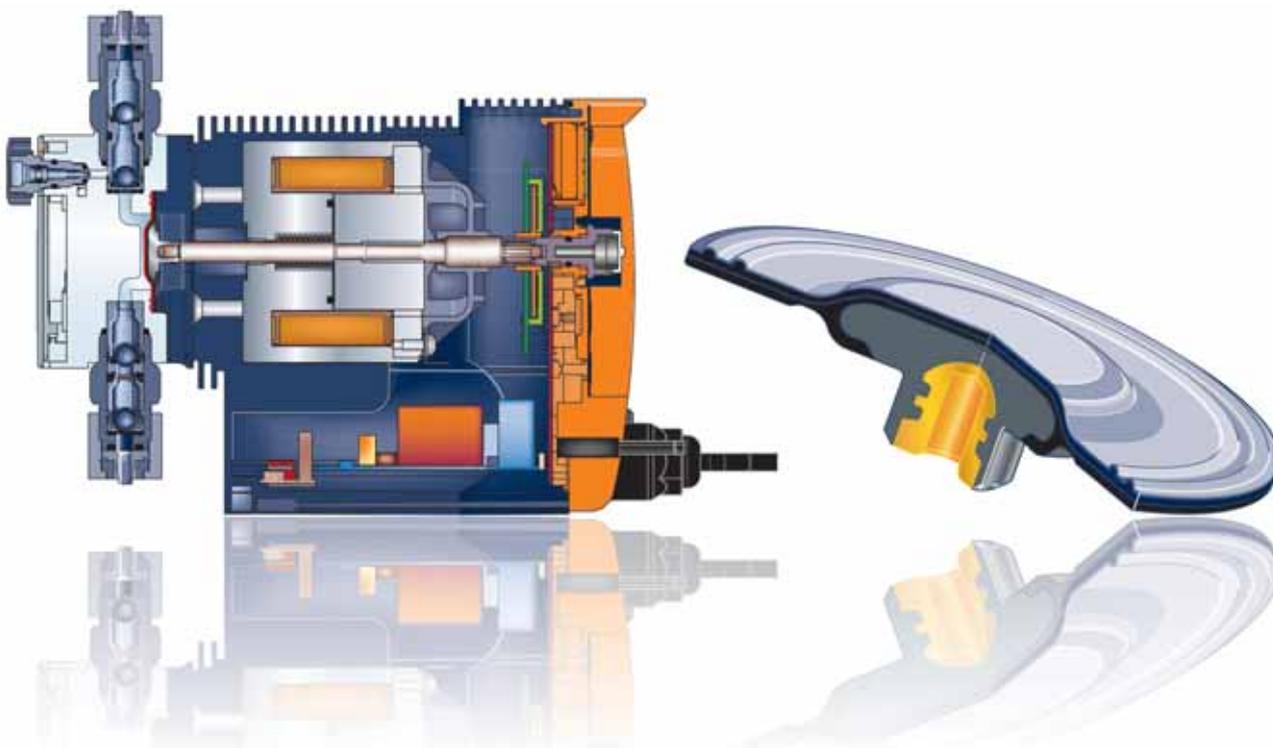
Mediante la activación y desactivación de un electroimán, el eje magnético se mueve hacia delante y hacia atrás. Este movimiento de carrera se transmite a la membrana de dosificación del cabezal dosificador. Dos válvulas de retroceso impiden el reflujo del medio de dosificación durante el bombeo. La potencia de dosificación de una bomba de membrana magnética puede ajustarse mediante la longitud y frecuencia de la carrera.

Características

- Rango de capacidad: de 1 a 75 l/h con una contrapresión de entre 25 y 2 bar
- Accionamiento casi sin desgaste puesto que se emplea una única pieza móvil: la bomba no necesita ejes o rodamientos lubricados.
- Excelentes propiedades de funcionamiento continuo
- Alternativa técnica rentable en bajos rangos de capacidad
- Máxima seguridad contra sobrecargas
- Bajo consumo energético gracias a un gran rendimiento
- Tipo de protección IP 65 gracias a una carcasa completamente cerrada

Campos de aplicación

- General: dosificación de sustancias químicas en laboratorios y en la industria con una capacidad de bombeo de hasta 75 l/h
- Tratamiento de agua potable y aguas de piscina: dosificación de agentes químicos para la desinfección y la corrección del pH
- Tratamiento de aguas general, agua de proceso, agua industrial, medios de acondicionamiento
- Circuitos de agua de refrigeración: dosificación de desinfectantes
- Tecnología de miniplantas
- Industria papelera, antiespumantes
- Galvanotecnia y tratamiento de superficies, aditivos para el baño
Líneas de rectificado

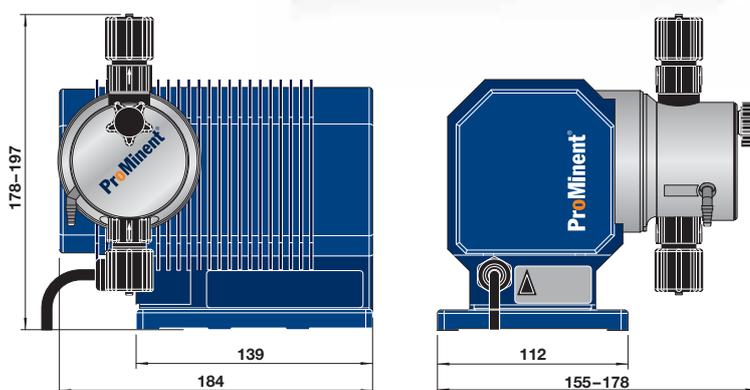


alpha c

Bomba de dosificación de membrana a motor

La solución económica para aplicaciones sencillas de baja capacidad.

- Rango de capacidad 1,0–30,6 l/h, 10–2 bar
- Buena capacidad de succión, carrera de dosificación suave y una dosificación exacta y constante
- Funcionamiento seguro incluso con medios que producen gases gracias al sistema de purga patentado
- Adecuada para muchas aplicaciones gracias a dos reducciones de transmisión, cuatro tamaños de unidad de bombeo y dos materiales distintos (PVDF, vidrio acrílico/PVC)
- Capacidad de dosificación ajustable mediante la longitud de carrera en intervalos del 10%
- Control mediante ENCENDIDO/APAGADO del suministro de corriente



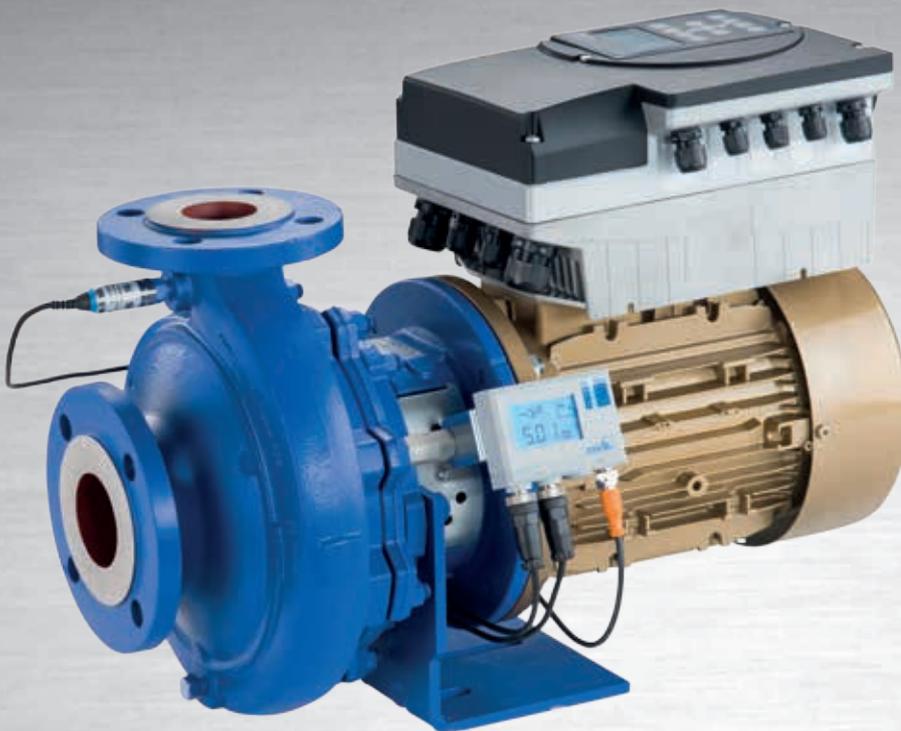
Tipo de bomba	Capacidad de bombeo de la versión de 50 Hz			Núm. carreras Carr./min	Longitud de la carrera mm	Altura de aspiración m.c.a.	Tamaño de conexión a Ø x i Ø mm
	bar	l/h	ml/carrera				
ALPc 1001	10,0	1,0	0,29	58	2	5,1	6x4
ALPc 1002	10,0	1,8	0,52	58	2	5,1	6x4
ALPc 1004	10,0	3,5	1,01	58	3	5,1	8x5
ALPc 1008	7,0	7,7	1,00	128	3	5,1	8x5
ALPc 0707	7,0	6,9	1,98	58	3	4,1	8x5
ALPc 0417	4,0	17,0	2,51	128	3	4,1	8x5
ALPc 0230	2,0	30,6	3,98	128	3	3,1	12x9

Versión de 60 Hz aprox. 20% más de capacidad de dosificación

Materiales en contacto con los medios				
Versión	Cabezal dosificador	Conexión de aspiración/im-pulsión	Juntas	Bolas de válvula
PPE	Polipropileno	Polipropileno	EPDM	Cerámica
PPB	Polipropileno	Polipropileno	FPM	Cerámica
NPE	Vidrio acrílico	PVC	EPDM	Cerámica
NPB	Vidrio acrílico	PVC	FPM	Cerámica
PVT	PVDF	PVDF	PTFE	Cerámica

Membrana de dosificación DEVELOPAN® con revestimiento PTFE en todas las versiones. FPM: Caucho fluorado

Etabloc – The Compact Pump



Applications:

Pure liquids not chemically or mechanically aggressive to the pump materials

- Water supply
- Cooling water
- Swimming pool water
- Fire-fighting systems
- Seawater
- Spray irrigation
- Fire-fighting water
- Irrigation
- Service water
- Cleaning agents
- Drinking water
- Brackish water
- Drainage
- Condensate
- Heating
- Air-conditioning
- Oils
- Hot water

More information:

www.ksb.com/products

Etabloc with KSB SuPremE® motor, PumpMeter and PumpDrive



Etabloc with KSB SuPremE® motor, PumpMeter and PumpDrive Eco

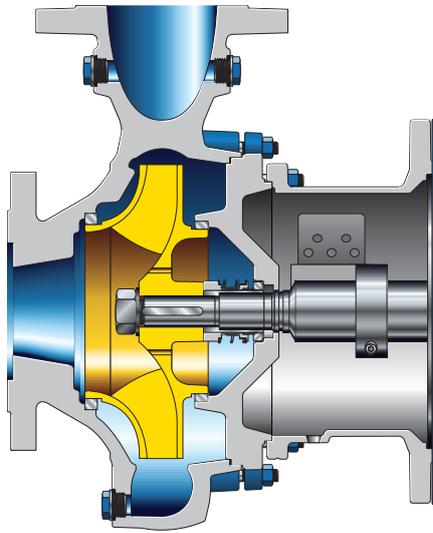


Etabloc with PumpMeter, PumpDrive and IE3 motor

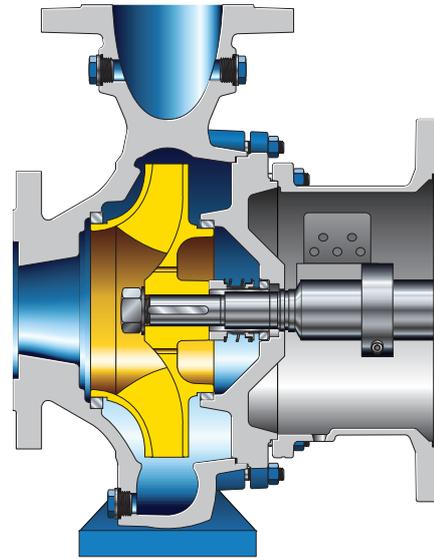


Etabloc with PumpMeter and IE3 motor

Etabloc – The Compact Pump



Etabloc – without support foot



Etabloc – with support foot

1 High energy efficiency

- Optimised hydraulic system of high efficiency. As a standard, the impellers are trimmed to the operating point.
- Exceeds the requirements of the ErP Directive applicable to standardised water pumps from 2015.
- With KSB SuPremE® motor: the world's most efficient magnet-less pump motor satisfies efficiency level IE4 (acc. IEC (CD) 60034-30 Ed. 2.)
- The new PumpDrive achieves maximum energy efficiency with full transparency during pump operation.

2 Compact design

Pump without separate coupling, which eliminates the need for coupling alignment

3 Operating reliability

Good suction performance for low vibration levels and very smooth running

4 Versatile

Great choice of materials for many applications available as a standard

5 Diversity of variants

Additional sizes for small flow rates extend the already diverse range of selection charts.

6 Service-friendly

- Fast delivery of new pumps and spare parts
- Easier to assemble and dismantle thanks to the larger seal chamber and threaded holes for forcing screws between the casing cover and bearing bracket

Materials variants

Grey cast iron EN-GJL-250 / A48 CL 35B

Nodular cast iron EN-GJS-400-15 / A536 GR 60-40-18

Stainless steel 1.4408 / A743 Gr CF8 M

Bronze CC480K-GS / B30 C90700

Technical data

Flow rate	Up to 640 m ³ /h (50 Hz) Up to 753 m ³ /h (60 Hz)
Head	Up to 160 m (50 Hz) Up to 148 m (60 Hz)
Fluid temperature	-30 °C to +140 °C
Pressure	up to 16 bar



KSB Aktiengesellschaft
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal (Germany)
www.ksb.com

Supervisión

Captador de presión inteligente

PumpMeter



PumpMeter

Descripción general

Este equipo es un captador de presión inteligente para bombas con indicación local de los valores de medición y las características de servicio.

El dispositivo está formado por dos sensores de presión y un panel de visualización. Registra el perfil de carga de la bomba para indicar, en caso necesario, el potencial existente para aumentar la eficiencia energética y la disponibilidad.

PumpMeter viene totalmente equipado de fábrica y está configurado conforme a la bomba correspondiente. Se conecta mediante un conector M12 y está listo para funcionar de manera inmediata.

Aplicaciones principales

Industria:

- Producción y distribución de frío
- Producción y distribución de calor
- Tratamiento de agua
- Distribución de fluido de corte
- Extracción de agua
- Suministro de agua para uso industrial

Agua:

- Extracción y obtención de agua
- Tratamiento y preparación del agua
- Distribución y transporte del agua

Instalaciones técnicas para edificios:

- Aire acondicionado
- Producción y distribución de calor
- Instalaciones de suministro de agua

Datos técnicos

Datos técnicos del panel de visualización

Propiedad	Valor
Alimentación eléctrica	+24 V CC ±15%
Consumo de corriente	150 mA
Salida análoga de señales	420 mA, conductor de tres hilos
Conexión digital	RS485, Modbus RTU (esclavo)
Tipo de protección	IP 65 ¹⁾
Puerto de mantenimiento	RS232
Temperatura de los cojinetes	-30 °C a +80 °C
Temperatura de servicio	-10 °C a +60 °C

Datos técnicos de los sensores

Propiedad	Valor
Señal	4 - 20 mA
Tipo de protección	IP67 ¹⁾
Temperatura del líquido de bombeo	-30 °C a +140 °C
Par de apriete de montaje	10 Nm
Temperatura ambiente	-10 °C a +60 °C

Sensores de límite de presión

Rango de medición del sensor [bar]		Capacidad de sobrecarga [bar]	Presión de rotura [bar]
mín.	máx.		
-1	3	40	80
-1	10	40	80
-1	16	40	80
-1	25	40	80
-1	40	52	80
-1	65	110	130
-1	80	110	130

Materiales

Vista general de los materiales

Componentes en contacto con el líquido de bombeo	Material
Sensor de presión del tubo medidor del vacuómetro	1.4542
Conexión del sensor de presión al proceso	1.4301
Adaptador del montaje del sensor ²⁾	1.0037 o 1.4571
Anillo de estanqueidad	Centellen

Ventajas del producto

- Transparencia en el funcionamiento de la bomba mediante la indicación local de las características de servicio más relevantes, especialmente el punto de servicio de la bomba.
- Identificación del potencial de ahorro de energía mediante el registro y la valoración del perfil de carga y, dado el caso, la indicación del icono de eficiencia energética (EFF).

1) si la toma del conector es la correcta

2) En función del tipo de material principal de la bomba

- Ahorro de tiempo y de dinero mediante los sensores premontados de fábrica en la bomba, a diferencia de la habitual instrumentación en la instalación.
- Posibilidad de que aumente la disponibilidad de la bomba ya que reconoce y evita su funcionamiento incorrecto.

Funciones

Función del transmisor de presión

La presión de impulsión o la presión diferencial de la bomba se facilita como una señal 4-20 mA. De forma alternativa, se puede realizar una conexión a través de la interfaz en serie RS485 con protocolo Modbus.

Indicación de las características de servicio

El equipo cuenta con un display en el que se puede visualizar la presión de aspiración, la presión de impulsión, la presión diferencial y la zona de la curva.

Registro y valoración del perfil de carga



El tiempo de funcionamiento de la bomba en sus distintas aplicaciones queda registrado en forma de un perfil de carga y almacenado contra caídas de tensión. El icono de eficiencia energética indica en el display, dado el caso, el potencial de mejora disponible.

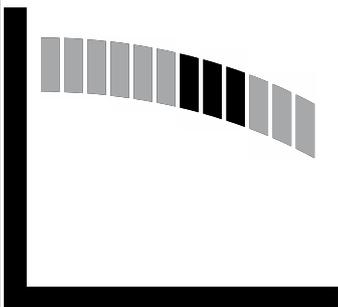
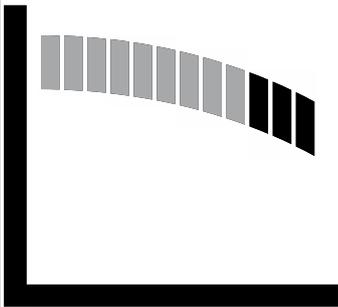
Representación clara del punto de servicio actual

El punto de servicio actual se indica sobre una curva característica estilizada de la bomba mediante la iluminación intermitente del segmento que corresponda.

Representación clara del punto de servicio actual

Ámbito de servicio	Segmento iluminado	Descripción
Servicio con carga parcial extrema ³⁾ 	Parpadea el primer cuarto (1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es posible que se trate de un uso no pertinente de la bomba ▪ Carga elevada de los componentes
Funcionamiento con carga parcial moderada ³⁾ 	Parpadea el segundo cuarto (2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionamiento con potencial de optimización en lo que respecta a la eficiencia energética

³⁾ En función de las características de la curva característica de la línea, pueden no diferenciarse e indicarse de forma simultánea los primeros dos cuartos de la curva característica durante el funcionamiento con carga parcial.

Ámbito de servicio	Segmento iluminado	Descripción
Funcionamiento óptimo 	Parpadea el tercer cuarto (3)	<ul style="list-style-type: none"> Margen de funcionamiento correcto y gestión óptima de la energía
Funcionamiento con sobrecarga 	Parpadea el último cuarto (4)	<ul style="list-style-type: none"> Limite del margen de funcionamiento correcto La bomba y/o el motor pueden estar sobrecargados

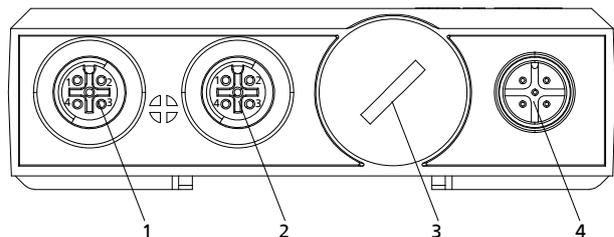
Variantes constructivas

- Adaptador:** en función del tipo de rosca y el tamaño de las conexiones del manómetro de la bomba
- Longitud del cable:** en función del tamaño de la bomba, puede ser de 600 mm, 1.200 mm o 1.800 mm
- Rango de medición de los sensores de presión:** los rangos de medición se seleccionan de acuerdo con la indicación de la presión de entrada máxima de la bomba (sensor del lado de aspiración) y de la presión de impulsión máxima de la bomba en el punto cero (sensor del lado de impulsión). Si no está indicada la presión de entrada máxima, el cálculo se hará una presión de entrada máxima de 5 bar.

Rangos de medición disponibles

Color de etiqueta del sensor del lado de impulsión	Código de colores	Rango de medición [bar]	
		mínima	máxima
-	Rojo óxido	-1	3
-	Azul	-1	10
-	Gris luminoso	-1	16
-	Verde	-1	25
-	Negro	-1	40
Plata	sin	-1	65
amarillo	sin	-1	80

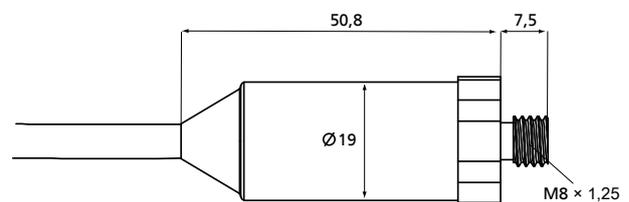
Conexiones eléctricas



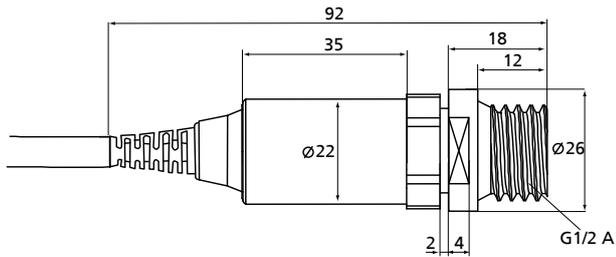
Conexiones del equipo

1	IN1 / Conexión para el sensor de presión del lado de aspiración
2	IN2 / Conexión para el sensor de presión del lado de impulsión
3	Interfaz de mantenimiento
4	EXT / Conexión externa para el suministro eléctrico y para la salida de señales

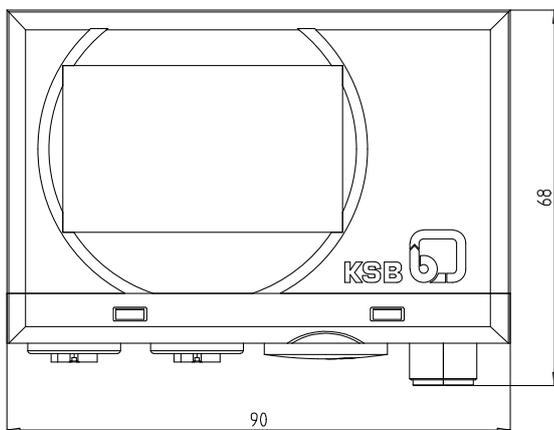
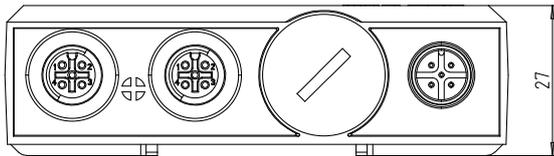
Dimensiones



Fondo de escala del sensor: rango de medición hasta 40 bar



Fondo de escala del sensor: rango de medición a partir de 65 bar



Dimensiones del panel de visualización

Equipo de suministro

- Unidad de indicación montada
- Sensores montados con un adaptador

Medios de bombeo

Vista general de los líquidos de bombeo

Líquido de bombeo	Concentración	Temperatura máx.	Líquido de bombeo	Concentración	Temperatura máx.
	[%]	[°C]		[%]	[°C]
Alumbre, exento de ácido	3	80	Aceite combustible	–	80
Lejía alcalina, equipo de lavado de botellas, 2% de hidróxido sódico como máx.	–	40	Emulsión agua/aceite (95%/5%), sin sustancias sólidas	–	80
Alcohol	–	–	Propanol	–	80
Sulfato de aluminio, exento de ácido	5	60	Detergentes	–	–
Bicarbonato de amonio	10	40	Carburante	–	–
Sulfato de amonio	20	60	Agua	–	–
Anolito con ácido acético o fórmico, sin sustancias sólidas	–	30	Agua desmineralizada	–	140
Acelerador (para unir)	–	–	Agua neutralizada	–	120
Emulsión para lijado/taladrado	–	60	Agua descarbonatada	–	120
Aguardiente (40% de etanol)	–	60	Agua para extinción de incendios ⁴⁾	–	60

Líquido de bombeo	Concentración	Temperatura máx.	Líquido de bombeo	Concentración	Temperatura máx.
Agua para uso industrial	-	60	Agua de río	-	60
Aplicación en la industria cervecera	-	-	Agua de calefacción ⁵⁾	-	140
Agua para cerveza	-	60	Agua de alimentación de calderas según la hoja informativa VdTÜV1466	-	140
Agua helada (industria cervecera)	-	60	Agua de refrigeración ⁴⁾ (sin anticongelante)	-	60
Agua caliente condensada (industria cervecera)	-	140	Agua de refrigeración para circuito refrigerante cerrado	-	100
Butanol	-	60	Agua de refrigeración para circuito refrigerante abierto	-	100
Acetato de calcio, exento de ácido	10	60	Agua de refrigeración con valor del pH > 7,5 (con anticongelante) ⁶⁾	-	110
Nitrato de calcio, sin ácidos	10	60	Agua ligeramente sucia ⁴⁾	-	60
Dietilenglicol	-	100	Agua del grifo	-	60
Lacado por inmersión (al agua) o por anaforesis (por inmersión anódico)	-	35	Agua limpia ⁷⁾	-	60
Lacado por inmersión (al agua) o por cataforesis (KTL)	-	35	Agua sin tratar ⁴⁾	-	60
Etanol	-	60	Agua para piscinas (agua dulce) ⁴⁾	-	60
Etilenglicol	-	100	Agua de lago (agua dulce)	-	60
Anticongelante a base de etilenglicol, inhibido, sistema cerrado	50	110	Agua de cierre	-	70
Glicerina	40	80	Agua dulce	-	60
Hidróxido potásico	5	40	Agua de presa	-	60
Nitrato de potasio, sin ácidos	5	30	Agua parcialmente desalada	-	120
Sulfato de potasio, sin ácidos	3	20	Agua potable ⁴⁾	-	60
Keroseno	-	80	Permeato (ósmosis)	-	140
Condensados ⁵⁾	-	120	Agua desmineralizada, sin sustancias sólidas	-	60
Condensados no condicionados	-	120	Agua totalmente desalada	-	120
Sulfato de cobre	5	80	Agua caliente (industria cervecera)	-	60
Sulfato de magnesio	10	80	Agua tratada según VdTÜV1466	-	140
Carbonato sódico	6	60	Agua con anticongelante, valor de pH > 7,5 ⁴⁾⁶⁾	-	110
Hidróxido sódico	5	40	Agua, agua sucia, agua ligeramente sucia, agua superficial	-	60
Nitrato de sodio, sin ácidos	10	60	Agua, agua para la extinción de incendios	-	60
Sulfato sódico, sin ácidos	5	60	Agua, agua superficial	-	60
Sosa cáustica	15-20	20	Agua, agua de lluvia, con colector de lodos	-	60
Aceite diésel	-	80	Agua, agua sin tratar	-	60
Aceite diésel, aceite combustible EL	-	60	Agua, agua potable	-	60
Aceite lubricante; el aceite de turbinas no es aplicable para aceites SF-D (bajo grado de inflamabilidad)	-	80	Lejía para el lavado de botellas	-	90

Repuestos

Manómetro

Descripción	Rango de medición [bar]	Señal [mA]	Longitud del cable [m]	Código de colores	[kg]	N.º mat.
Manómetro	-1..3	4-20	0,6	Rojo óxido	0,4	01146895
			1,2	Rojo óxido	0,4	01146960

⁴⁾ Criterios generales de evaluación para un análisis de agua: valor de pH ≥ 7; contenido de cloruros (Cl) ≤ 250 mg/kg. Cloro (Cl 2) ≤ 0,6 mg/kg

⁵⁾ Tratamiento de acuerdo con la hoja informativa VdTÜV 1466; además, se debe respetar: O₂ ≤ 0,02 mg/l

⁶⁾ Anticongelante a base de glicol de etileno con inhibidores. Contenido: de >20% a 50% (p. ej., Antifrogen N)

⁷⁾ ¡No ultra pura! Conductividad a 25 °C: < 800 µS/cm, neutra a la corrosión química

Descripción	Rango de medición [bar]	Señal [mA]	Longitud del cable [m]	Código de colores	[kg]	N.º mat.
Manómetro	-1..10	4-20	1,8	Rojo óxido	0,4	01367526
			0,6	Azul	0,4	01146896
			1,2	Azul	0,4	01146961
			1,8	Azul	0,4	01367657
Manómetro	-1..16	4-20	0,6	Gris luminoso	0,4	01146957
			1,2	Gris luminoso	0,4	01146962
			1,8	Gris luminoso	0,4	01367658
Manómetro	-1..25	4-20	0,6	Verde	0,4	01146958
			1,2	Verde	0,4	01146963
			1,8	Verde	0,4	01367659
Manómetro	-1..40	4-20	0,6	Negro	0,4	01146959
			1,2	Negro	0,4	01146965
Manómetro	-1..65	4-20	0,6	Etiqueta plateada	0,4	01364208
Manómetro	-1..80	4-20	0,6	Etiqueta amarilla	0,4	01364209

Adaptador roscado para el montaje del sensor

Descripción	Conexión	Material	[kg]	N.º mat.
Adaptador roscado para el montaje del sensor	R 1/4" a M8	Acero	0,023	01146970
		Acero inoxidable	0,023	01186472
Adaptador roscado para el montaje del sensor	R 3/8" a M8	Acero	0,036	01146973
		Acero inoxidable	0,036	01191765
Adaptador roscado para el montaje del sensor	R 1/2" a M8	Acero	0,063	01146976
		Acero inoxidable	0,063	01191766
Adaptador roscado para el montaje del sensor	G 1/4" a M8	Acero	0,024	01146971
		Acero inoxidable	0,024	01186474
Adaptador roscado para el montaje del sensor	G 3/8" a M8	Acero	0,038	01146974
		Acero inoxidable	0,038	01191857
Adaptador roscado para el montaje del sensor	G 1/2" a M8	Acero	0,069	01146977
		Acero inoxidable	0,069	01191858
Adaptador roscado para el montaje del sensor	NPT 1/4" a M8	Acero inoxidable	0,023	01146972
Adaptador roscado para el montaje del sensor	NPT 3/8" a M8	Acero inoxidable	0,036	01146975
Adaptador roscado para el montaje del sensor	NPT 1/2" a M8	Acero inoxidable	0,063	01146978

Otras piezas de repuesto

Descripción	[kg]	N.º mat.
Panel de visualización	-	01146894
Anillo de estanqueidad A 8X11.5, DIN 7603 DPAF	0,01	01015232

Accesorios eléctricos

Vista general de los accesorios

Descripción	Longitud del cable [m]	[kg]	N.º mat.
Cable de conexión	1	0,056	01146982
Cable de 5 polos con conector M12 para suministro eléctrico y salida de señal	5	0,118	01146983
	10	0,35	01146984
Cable alargador para alargar el cable del sensor	5	0,186	01146980
	10	0,33	01146981
Fuente de alimentación para el suministro eléctrico de PumpMeter 24 V / 750 mA (para un máximo de 5 PumpMeters)	-	0,149	01147695

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

Índice

1.	Precios elementales	3
2.	Precios descompuestos	7
2.1.	Capítulo 1: Captación de agua de mar	7
2.2.	Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar	8
2.3.	Capítulo 3: Bombeo de alta presión	10
2.4.	Capítulo 4: Ósmosis inversa	11
2.5.	Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera	12
2.6.	Capítulo 6: Tratamiento químico	14
2.7.	Capítulo 7: Tuberías	14
2.8.	Capítulo 8: Instrumentación	18
2.9.	Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares	19
3.	Precios por contrata	21
3.1.	Capítulo 1: Captación de agua de mar	21
3.2.	Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar	22
3.3.	Capítulo 3: Bombeo de alta presión	23
3.4.	Capítulo 4: Ósmosis inversa	24
3.5.	Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera	25
3.6.	Capítulo 6: Tratamiento químico	26
3.7.	Capítulo 7: Tuberías	26
3.8.	Capítulo 8: Instrumentación	28
3.9.	Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares	29
4.	Resumen del presupuesto	30

1. Precios elementales

CÓD.		CONCEPTO	PRECIO (€)	MEDICIÓN
E-1.1	ud	Bomba centrífuga vertical de captación de agua de mar, marca KSB itur, modelo UPA o similar, H=148m, Q=250m ³ /h	39.500,00	2,00
E-1.2	ud	Bomba centrífuga de cuerpo segmentado de alta presión, marca KSB itur, modelo Multitec o similar, H=522m, Q=125m ³ /h	52.900,00	2,00
E-1.3	ud	Bomba booster de carcasa de voluta partida radialmente, marca KSB itur, modelo RPH-RO o similar, H=16m, Q=125m ³ /h	15.800,00	1,00
E-1.4	ud	Bomba centrífuga de cuerpo segmentado para impulsión de producto, marca KSB itur, modelo Multitec o similar, H=242m, Q=62,5m ³ /h	32.500,00	3,00
E-1.5	ud	Bomba monobloc monoetapa en voluta para llenado de tanque de limpieza, marca KSB itur, modelo Etabloc o similar, H=15m, Q=15m ³ /h	1.900,00	1,00
E-1.6	ud	Bomba química normalizada monoetapa de voluta partida radialmente, marca KSB itur, modelo Mega-CPK o similar, H=49m, Q=120m ³ /h	21.300,00	2,00
E-1.7	ud	Bomba dosificadora magnética de membrana, marca Prominent o similar, P=7bar, Q=6,9L/h	450,00	2,00
E-1.8	ud	Bomba dosificadora magnética de membrana, marca Prominent o similar, P=10bar, Q=3,5L/h	410,00	1,00
E-1.9	ud	Bomba dosificadora magnética de membrana, marca Prominent o similar, P=7bar, Q=7,7L/h	450,00	1,00
E-1.10	ud	Bomba dosificadora magnética de membrana, marca Prominent o similar, P=10bar, Q=1,8L/h	320,00	1,00
E-1.11	ud	Intercambiador de presión por cámaras rotativas, marca ERI, modelo PX-260,	72.500,00	3,00

		Q =41,7m3/h		
E-1.12	ud	Filtro de malla autolimpiante, marca AZUD, modelo Luxon LFH o similar, Q =250m3/h, paso=125 µm	6.882,48	2,00
E-1.13	ud	Portafiltros 51 cartuchos, marca Harmsco, modelo HMC, Q = 250 m3/h	15.000,00	2,00
E-1.14	ud	Filtro de cartucho plegado de polipropileno, marca Harmsco, modelo PP, L =40", paso =5µm	8,89	120,00
E-1.15	ud	Portafiltros 21 cartuchos, marca Harmsco, modelo HMC, Q = 120 m3/h	7.000,00	1,00
E-1.16	ud	Tubos de presión de 8", marca Codeline, modelo 80H, Pmax = 68 bar	977,56	20,00
E-1.17	ud	Membrana de poliamida aromática de arrollamiento en espiral, marca Hydranautics, modelo SWC6-LD o similar	940,00	120,00
E-1.18	ud	Depósito de 2000 L en PRFV, D = 0,9 m , H = 1715 m	2.300,00	3,00
E-1.19	ud	Depósito de 1000 L en PRFV, D = 0,9 m , H = 3303 m	1.800,00	2,00
E-1.20	ud	Depósito de 6000 L en PRFV, D = 1,4 m , H = 4171 m	2.800,00	1,00
E-1.21	ud	Depósito tipo australiano de 1500 m3 en acero galvanizado, D = 11,5m H = 10m	13.500,00	1,00
E-1.22	ml	Tubería PRFV DN-250 PN-6	54,61	41,50
E-1.23	ml	Tubería PRFV DN-200 PN-16	46,90	296,00
E-1.24	ml	Tubería PRFV DN-200 PN-6	44,68	26,00
E-1.25	ml	Tubería PRFV DN-150 PN-25	61,14	450,00
E-1.26	ml	Tubería PRFV DN-150 PN-6	35,80	252,50
E-1.27	ml	Tubería PRFV DN-100 PN-25	52,98	15,00

E-1.28	ml	Tubería PRFV DN-50 PN-6	21,50	39,00
E-1.29	ml	Tubería Acero inoxidable 904L 8" Sch.40	225,00	5,00
E-1.30	ml	Tubería Acero inoxidable 904L 6" Sch.40	190,00	36,50
E-1.31	ml	Tubería PE DN-150 PN-4	10,40	31,00
E-1.32	ml	Tubería PE DN-50 PN-4	1,77	20,50
E-1.33	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-200 PN-6	464,67	10,00
E-1.34	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-150 PN-63	886,61	4,00
E-1.35	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-150 PN-25	549,54	1,00
E-1.36	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-150 PN-6	267,61	10,00
E-1.37	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-100 PN-25	359,25	6,00
E-1.38	ud	Válvula de compuerta de cierre elástico DN-50 PN-6	98,33	3,00
E-1.39	ud	Valvula antirretorno a clapeta DN-200 PN-6	601,71	2,00
E-1.40	ud	Valvula antirretorno de doble clapeta DN-150 PN-63	976,50	1,00
E-1.41	ud	Valvula antirretorno de doble plato DN-150 PN-25	204,08	1,00
E-1.42	ud	Valvula antirretorno a clapeta DN-150 PN-6	367,04	4,00
E-1.43	ud	Valvula antirretorno de doble plato DN-100 PN-25	128,44	3,00
E-1.44	ud	Valvula antirretorno a clapeta DN-50 PN-6	108,31	2,00
E-1.45	ud	Valvula de asiento con actuador neumático DN-200 PN-63	1.465,00	1,00

E-1.46	ud	Valvula de asiento con actuador neumático DN-150 PN-63	1.226,00	1,00
E-1.47	ud	Valvula de asiento con actuador neumático DN-150 PN-6	775,00	1,00
E-1.48	ud	Caudalímetro Endress Hausser	540,00	9,00
E-1.49	ud	Medidor de temperatura Endress Hausser	145,00	4,00
E-1.50	ud	Medidor de presión Endress Hausser	275,00	20,00
E-1.51	ud	Medidor de conductividad Endress Hausser	290,00	4,00
E-1.52	ud	Medidor de nivel Endress Hausser	290,00	7,00
E-1.53	h	Fontanero	21,00	
E-1.54	h	Ayudante de Fontanero	18,00	
E-1.55	h	Electricista	21,00	
E-1.56	h	Ayudante de electricista	18,00	
E-1.57	h	Oficial	18,00	
E-1.58	h	Peón	15,00	
E-1.59	h	Grúa	35,00	
E-1.60	h	Maquina de perforación de pozo mediante rotopercusión	70,00	

2. Precios descompuestos

2.1. Capítulo 1: Captación de agua de mar

CÓD.	UD.	RESUMEN	CANT.	PRECIO(€)	IMPORTE
2.1.1	ml	Perforación de pozo en cualquier tipo de terreno mediante roto-percusión			
		Perforación de pozo vertical de diámetro 60cm, mediante máquina de rotopercusión, instalada in situ en el lugar con ayuda de grúa, incluso conexión a grupo electrógeno. P.P. de transporte de material extraído sobrante y entrega en vertedero, así como desmontaje y transporte.			128,10
		H máquina perforadora de rotopercusión	1,00	70,00	70,00
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H oficial	1,20	18,00	21,60
		H peón	1,20	15,00	18,00
		H alquiler grupo electrógeno	1,00	5,00	5,00
		H escombrera y camión	1,00	10,00	10,00
2.1.2	ml	Encamisado de pozo			
		Encamisado de sondeo vertical con tubería PRFV diámetro 450 mm, con uniones químicas de los diferentes tramos de tubería. Se instalará 145 metros de encamisado más 10 metros de encamisado con taladros o ranurados.			109,57
		Ml canalización PRFV DN-450mm	1,00	89,17	89,17
		H grúa	0,30	35,00	10,50
		H oficial	0,30	18,00	5,40
		H peón	0,30	15,00	4,50
2.1.3	ud	Bomba sumergible KSB itur modelo UPA o similar, H=148 m,Q= 250 m3/h			
		Bomba centrífuga vertical sumergible para captación de agua de mar marca ITUR KSB o similar con caudal 250m3/h y 148mca, de 129,43 kW de potencia, montada con ayuda de grúa con p.p. de anclajes a pared de pozo, tubería de conexionado e instrumentación según planos, conexionado eléctrico a subcuadro. Funcionando.			39.815,00
		Ud Bomba de captación KSB itur	1,00	39.500,00	39.500,00
		H grúa	3,00	35,00	105,00
		H oficial	1,50	18,00	27,00
		H peón	3,00	15,00	45,00
		H electricista	1,00	21,00	21,00
		H fontanero	3,00	21,00	63,00
		H ayudante de fontanero	3,00	18,00	54,00

2.2. Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar

2.2.1	ud	Filtro de malla autolimpiante AZUD modelo Luxon LFH o similar, Q = 250 m3/h, 125 µm			
		Instalación de filtro de malla automático marca AZUD modelo Luxon LFH o similar con elemento filtrante en acero inoxidable AISI-316-L y estructura de PVC, con caudal de 250m3/h y tamaño de paso de 125 µm. Disposición horizontal. Además este presupuesto contempla el conexionado de las tuberías implicadas en el proceso, tanto de filtración del agua de mar con diámetro 200 mm, como de evacuación de agua de limpieza de filtros de D 50 mm PN 6.			7.009,98
		Ud Filtro de malla Azud	1,00	6.882,48	6.882,48
		H grúa	0,30	35,00	10,50
		H fontanero	3,00	21,00	63,00
		H ayudante de fontanero	3,00	18,00	54,00
2.2.2	ud	Equipo dosificador de cloruro férrico			
		Equipo dosificador de cloruro férrico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 6,9 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.			2.760,50
		Ud Bomba dosificadora	1,00	450,00	450,00
		Ud Depósito 2000L PRFV	1,00	2.300,00	2.300,00
		H fontanero	0,30	21,00	6,30
		H electricista	0,20	21,00	4,20
2.2.3	ud	Equipo dosificador de ácido sulfúrico			
		Equipo dosificador de ácido sulfúrico que consta de un depósito de 1000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 1715mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 3,5 L/h y presión máxima de 10 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.			2.220,50
		Ud Bomba dosificadora	1,00	410,00	410,00
		Ud Depósito 1000L PRFV	1,00	1.800,00	1.800,00
		H fontanero	0,30	21,00	6,30
		H electricista	0,20	21,00	4,20

2.2.4	ud	Equipo dosificador de hipoclorito sódico			
		Equipo dosificador de hipoclorito sódico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 7,7 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.			2.760,50
		Ud Bomba dosificadora	1,00	450,00	450,00
		Ud Depósito 2000L PRFV	1,00	2.300,00	2.300,00
		H fontanero	0,30	21,00	6,30
		H electricista	0,20	21,00	4,20
2.2.5	ud	Equipo dosificador de bisulfito sódico			
		Equipo dosificador de bisulfito sódico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 6,9 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 25 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.			2.760,50
		Ud Bomba dosificadora	1,00	450,00	450,00
		Ud Depósito 2000L PRFV	1,00	2.300,00	2.300,00
		H fontanero	0,30	21,00	6,30
		H electricista	0,20	21,00	4,20
2.2.6	ud	Equipo dosificador de antiincrustante Genesol LS			
		Equipo dosificador de Genesol LS que consta de un depósito de 1000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 1715mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 1,8 L/h y presión máxima de 10 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.			2.130,50
		Ud Bomba dosificadora	1,00	320,00	320,00
		Ud Depósito 1000L PRFV	1,00	1.800,00	1.800,00
		H fontanero	0,30	21,00	6,30
		H electricista	0,20	21,00	4,20
2.2.7	ud	Filtro de cartucho Harmsco o similar, Q = 250 m3/h, paso = 5 µm			

		Instalación de filtro de cartuchos marca HARMSCO totalmente instalado, compuesto por carcasa de acero inoxidable 304 modelo HMC con capacidad para contener 51 cartuchos plegados de polipropileno de 40" y 5 µm, marca Harmsco modelo PP. Además se contempla la instalación y conexionado de las tuberías de entrada y salida del agua de mar D 200 mm PN 6, así como el conjunto de valvulería y accesorios.			7.563,39
		Ud portafiltro de cartuchos Harmsco	1,00	7.000,00	7.000,00
		Ud cartuchos Harmsco	51,00	8,89	453,39
		H grúa	1,00	35,00	35,00
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H ayudante de fontanero	3,00	18,00	54,00

2.3. Capítulo 3: Bombeo de alta presión

2.3.1	ud	Bomba centrífuga de de alta presión KSB itur, modelo Multitec o similar, Q=125 m3/h, H=522m			
		Ud. Bomba centrífuga de cuerpo segmentado KSB itur, modelo Multitec que absorbe una potencia de 260,87 KW para una presión de 522 mca. La instalación del equipo contará con las fijaciones adecuadas a las bancadas ya construidas, así como el conexionado a las tuberías de aspiración, construida en PRFV D 150 mm, y de impulsión, fabricada en acero inoxidable 904L 6". En este presupuesto descompuesto se ha de contar además con la valvulería y accesorios necesarios para llevar a cabo la operación. Finalmente se realizará el conexionado a las bornas del subcuadro eléctrico correspondiente.			53.267,00
		Ud Bomba de alta presion KSB itur	1,00	52.900,00	52.900,00
		H grúa	2,00	35,00	70,00
		H oficial	3,00	18,00	54,00
		H peón	3,00	15,00	45,00
		H electricista	2,00	21,00	42,00
		H fontanero	4,00	21,00	84,00
		H ayudante de fontanero	4,00	18,00	72,00
2.3.2	ud	Sistema de intercambio de presión ERI modelo PX-260, Q = 41,7 m3/h			

		Sistema de intercambio de presión por cámaras rotativas ERI, modelo PX-260, fabricadas en cerámica de óxido de aluminio con caudal de 41,7 m ³ /h. La instalación se complementa con tuberías de aspiración de agua de mar y evacuación de salmuera PRFV DN 150 mm PN 6, y tubería de impulsión de agua mar y entrada de salmuera en acero inoxidable AISI 904L D 6". Además se instalarán los accesorios y valvulería necesaria para su instalación.			72.656,00
		Ud ERI	1,00	72.500,00	72.500,00
		H fontanero	4,00	21,00	84,00
		H ayudante de fontanero	4,00	18,00	72,00
2.3.3	ud	Bomba booster KSB itur, modelo RPH-RO o similar, Q= 125 m³/h, H= 14,2 m			
		Bomba booster de carcasa de voluta partida radialmente de cuerpo segmentado KSB itur, modelo RPH-RO con una potencia de 6,62 KW para una presión de 14,2 mca. La instalación del equipo contará con las fijaciones adecuadas a las bancadas ya construidas, así como el conexionado a las tuberías de aspiración, construida en PRFV D 150 mm, y de impulsión, fabricada en acero inoxidable 904L 6". En este presupuesto descompuesto se ha de contar además con la valvulería y accesorios necesarios para llevar a cabo la operación. Finalmente se realizará el conexionado a las bornas del subcuadro eléctrico correspondiente.			16.054,00
		Ud Bomba booster KSB itur	1,00	15.800,00	15.800,00
		H grúa	1,00	35,00	35,00
		H oficial	2,00	18,00	36,00
		H peón	3,00	15,00	45,00
		H electricista	1,00	21,00	21,00
		H fontanero	3,00	21,00	63,00
		H ayudante de fontanero	3,00	18,00	54,00

2.4. Capítulo 4: Ósmosis inversa

2.4.1	ud	Bastidor de ósmosis inversa, 20 tubos presión, 120 membranas, Q = 1500 m³/d			

		Bastidor de ósmosis inversa, compuesto por una estructura metálica de acero inoxidable de 2,00x2,50x7,00 m. Se instalarán 20 tubos de presión marca CODELINE modelo 80H100 o similar de D 8'' para contener cada uno 6 membranas de 40'' de longitud. Se dispondrán 120 membranas de ósmosis inversa marca HYDRANAUTICS mod. SWC6-LD de bajo índice de ensuciamiento. Las tuberías de acero inoxidable 904L repartidoras de agua de mar, montadas y conectadas entran en este apartado del presupuesto. El bastidor será completamente instalado y fijado, así como cada uno de los tubos de presión conectados a los colectores de alimentación de agua de mar, de agua producto y de salmuera y rechazo.			139.616,20
		Ud caja de presión Codeline	20,00	977,56	19.551,20
		Ud membrana Hydranautics	120,00	940,00	112.800,00
		Ud Estructura metálica de soportación de cajas de presión	1,00	6.500,00	6.500,00
		H fontanero	15,00	21,00	315,00
		H ayudante de fontanero	25,00	18,00	450,00

2.5. Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera

2.5.1	ud	Bomba centrífuga de para impulsión de producto, marca KSB itur, modelo Multitec, Q=62,5 m3/h, H= 242 m			
		Bomba centrífuga horizontal de cuerpo segmentado para la impulsión del agua producto hacia los embalses de los propietarios marca KSB itur mod. Multitec. La potencia es de 56 kW para una presión de 242 mca. El grupo motobomba irá fijado convenientemente a la bancada ya construida, además se realizará el conexionado de las tuberías de aspiración e impulsión construidas en PRFV 100 mm PN 25, a las tubuladuras de la bomba, así como los enlaces por unión química de éstas al colector de aspiración y colector de impulsión, construido en PRFV 150 mm. Además, la instalación contemplará la implantación de los accesorios correspondientes para el trazado correcto especificado en planos, así como el conexionado eléctrico del equipo.			32.733,00
		Ud Bomba de producto	1,00	32.500,00	32.500,00
		H grúa	1,00	35,00	35,00
		H oficial	3,00	18,00	54,00
		H peón	3,00	15,00	45,00
		H electricista	1,00	21,00	21,00
		H fontanero	2,00	21,00	42,00

		H ayudante de fontanero	2,00	18,00	36,00
2.5.2	ml	Perforación de pozo en cualquier tipo de terreno mediante roto-percusión			
		Perforación de pozo vertical de diámetro 60cm, mediante máquina de rotopercusión, instalada in situ en el lugar con ayuda de grúa, incluso conexión a grupo electrógeno. P.P. de transporte de material extraído sobrante y entrega en vertedero, así como desmontaje y transporte.			128,10
		H máquina perforadora de rotopercusión	1,00	70,00	70,00
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H oficial	1,20	18,00	21,60
		H peón	1,20	15,00	18,00
		H alquiler grupo electrógeno	1,00	5,00	5,00
		H escombrera y camión	1,00	10,00	10,00
2.5.3	ml	Encamisado de pozo			
		Encamisado de sondeo vertical con tubería PRFV diámetro 450 mm, con uniones químicas de los diferentes tramos de tubería. Se instalará 155 metros de encamisado más 10 metros de encamisado con taladros o ranurados.			109,57
		ml canalización PRFV DN-450mm	1,00	89,17	89,17
		H grúa	0,30	35,00	10,50
		H oficial	0,30	18,00	5,40
		H peón	0,30	15,00	4,50
2.5.4	ud	Depósito tipo australiano de 1500 m3 construido en acero galvanizado			
		Depósito metálico cilíndrico fabricado con láminas de acero, corrugadas, galvanizadas de 1050 m3. Diámetro: 11,5 metros, altura: 10 metros. Incluido montaje.			15.486,00
		Ud deposito instalado	1,00	13.500,00	13.500,00
		H oficial	32,00	18,00	576,00
		H peón	80,00	15,00	1.200,00
		H fontanero	10,00	21,00	210,00

2.6. Capítulo 6: Tratamiento químico

2.6.1	ud	Equipo de lavado químico de membranas constituido por un depósito, dos bombas y un filtro de cartuchos			
		Equipo de limpieza química de membranas, compuesto por un depósito de 6000L fabricado en PRFV, los colectores PRFV DN 150 y PN 6 correspondientes de limpieza y recirculación con sus correspondientes accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos, así como las bombas químicas normalizadas monoetapa de voluta partida radialmente KSB itur mod. Mega CPK con una potencia de 21,74kW para una presión de 49,2 mca y un caudal de 120 m3/h. La distribución de agua de servicio se realiza mediante conducción de PE D 50 mm PN4 desde el bastidor de ósmosis inversa hasta el depósito de limpieza química mediante una bomba KSB itur modelo Etabloc. Se instalará un filtro de cartuchos plegados marca Harmsco con 20 cartuchos con una selectividad de 5 micras absolutas.			42.287,84
		Ud portafiltro de cartuchos Harmsco	1,00	7.000,00	7.000,00
		Ud cartuchos Harmsco	20,00	8,89	177,80
		MI tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	28,50	35,80	4.200,04
		Ud depósito de 6000L en PRFV	1,00	2.800,00	2.800,00
		Ud bomba química normalizada KSB itur	1,00	21.300,00	21.300,00
		Ud bomba llenado tanque de limpieza KSB itur	1,00	1.900,00	1.900,00
		H grúa	10,00	35,00	350,00
		H fontanero	80,00	21,00	1.680,00
		H ayudante de fontanero	160,00	18,00	2.880,00

2.7. Capítulo 7: Tuberías

2.7.1	ml	Tubería de PRFV DN-250 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-250 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			93,86
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	61,86	61,86
		H grúa	0,10	35,00	3,50

		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.2	ml	Tubería de PRFV DN-200 PN-16			
		Tubería de PRFV DN-200 PN-16bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			92,68
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	60,68	60,68
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.3	ml	Tubería de PRFV DN-200 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-200 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			305,98
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	273,98	273,98
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.4	ml	Tubería de PRFV DN-150 PN-25			
		Tubería de PRFV DN-150 PN-25bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			97,23
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	65,23	65,23
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.5	ml	Tubería de PRFV DN-150 PN-6			

		Tubería de PRFV DN-150 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			92,63
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	60,63	60,63
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.6	ml	Tubería de PRFV DN-100 PN-25			
		Tubería de PRFV DN-100 PN-25bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			254,37
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	222,37	222,37
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.7	ml	Tubería de PRFV DN-50 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-50 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			53,50
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	21,50	21,50
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.8	ml	Tubería de PE DN-150 PN-4			
		Tubería de PE DN-150 PN-4bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			90,96
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	58,96	58,96
		H grúa	0,10	35,00	3,50

		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.9	ml	Tubería de PE DN-50 PN-4			
		Tubería de PE DN-50 PN-4bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			59,35
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	27,35	27,35
		H grúa	0,10	35,00	3,50
		H fontanero	0,50	21,00	10,50
		H ayudante de fontanero	1,00	18,00	18,00
2.7.10	ml	Tubería de Acero inoxidable AISI 904L de 8"			
		Tubería de agua de mar a alta presión al proceso de ósmosis inversa, fabricada en acero inoxidable AISI 904L D 8'' sch.40, soldada. Se incluyen p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/planos del proyecto, además de medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			664,25
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	602,00	602,00
		H grúa	0,15	35,00	5,25
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H ayudante de fontanero	2,00	18,00	36,00
2.7.11	ml	Tubería de Acero inoxidable AISI 904L de 6"			
		Tubería de agua de mar a alta presión al proceso de ósmosis inversa, fabricada en acero inoxidable AISI 904L D 6'' sch.40, soldada. Se incluyen p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/planos del proyecto, además de medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.			438,95
		ml tubería con p.p. accesorios, valvulería e instrumentación	1,00	376,70	376,70
		H grúa	0,15	35,00	5,25
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H ayudante de fontanero	2,00	18,00	36,00

2.8. Capítulo 8: Instrumentación

2.8.1	ud	Medidor de nivel marca Endress Hauser			
		Ud. Medidor de nivel de radar marca Endress Hauser modelo TOF Micropilot FMR53 o similar. Altura máxima: 20 metros. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.			334,00
		ud elemento instrumentación	1,00	290,00	290,00
		H oficial electricista	0,50	21,00	10,50
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H programador	0,50	25,00	12,50
2.8.2	ud	Caudalímetro electromagnético Endress Hauser			
		Caudalímetro electromagnético marca Endress Hauser modelo Promag W800 o similar DN 25- 300 mm Totalmente instalado y probado.			596,50
		ud elemento instrumentación	1,00	540,00	540,00
		H oficial electricista	0,50	21,00	10,50
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H programador	1,00	25,00	25,00
2.8.3	ud	Medidor de presión Endress Hauser			
		Medidor de presión marca Endress Hauser modelo Cerabar MPMP55 o similar. Rango: 0-400 bar. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.			331,50
		ud elemento instrumentación	1,00	275,00	275,00
		H oficial electricista	0,50	21,00	10,50
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H programador	1,00	25,00	25,00
2.8.4	ud	Medidor de conductividad Endress Hauser			
		Medidor de conductividad marca Endress Hauser. Rango de medida: hasta 100.000 microS/cm. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.			346,50
		ud elemento instrumentación	1,00	290,00	290,00
		H oficial electricista	0,50	21,00	10,50
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H programador	1,00	25,00	25,00
2.8.5	ud	Medidor de temperatura Endress Hauser			

		Medidor de temperatura marca Endress Hauser modelo Thermophant T TTR31 o similar. Rango de medida: -50 a 150 °C. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.			201,50
		ud elemento instrumentación	1,00	145,00	145,00
		H oficial electricista	0,50	21,00	10,50
		H fontanero	1,00	21,00	21,00
		H programador	1,00	25,00	25,00
2.8.6	ud	Sistema de control			
		Programa de control del proceso marca SIEMENS modelo SIMATIC PCS 7 o similar, completamente instalado y conectado, además de comprobación de funcionamiento.			10.360,00
		ud programa SIEMENS SIMATIC S7	1,00	4.300,00	4.300,00
		H oficial electricista	110,00	21,00	2.310,00
		H programador	150,00	25,00	3.750,00

2.9. Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares

2.9.1	ud	Instalación neumática de alimentación de aire a las válvulas de accionamiento neumático			
		Instalación neumática de alimentación de aire a las válvulas de accionamiento neumático. Se dispondrá una red de aire comprimido marca TRANSAIR o similar alimentado por un compresor de tornillo marca PUSKA modelo RLC-5.5, con una potencia de 4 KW y una presión máxima de 8-10 kg/cm ² . Se realizará la instalación y conexionado del sistema a los cofrets de electroválvulas y conjunto de tratamiento de aire de cada uno de los filtros de arena y antracita, así como a todas las válvulas de accionamiento neumático del proceso. La conducción de aire comprimido se hará por medio de tubería de polietileno de alta densidad de 25 mm PN 10.			6.122,50
		ud. Compresor de aire con p.p. de filtros y pulmón de aire 1000 litros	1,00	2.390,00	2.390,00
		ml tubería tipo TRANSAIR DN-25 para aire comprimido	295,00	3,50	1.032,50
		ud puntos de servicio con válvula de corte para aire y acople tipo barcelona	5,00	150,00	750,00
		H fontanero	50,00	21,00	1.050,00
		H ayudante fontanero	50,00	18,00	900,00

2.9.2	ud	Estación transformadora: 2 transformadores de 250 kVA y 630kVA			
		Estación transformadora compuesta por dos transformadores de 250 KVA a 230/400 V en los secundarios y de 630 KVA a 6.000 V. Se dispondrá en la sala habilitada para esta función ya construida. La instalación contará con todos los accesorios y dispositivos eléctricos de medida, protección y operación requeridos.			10.380,00
		ud estación transformadora prefabricada marca ORMAZABAL mod. PFU	1,00	2.900,00	2.900,00
		Transformador 250KVA 20kV/230-400V	1,00	1900,00	1.900,00
		Transformador 630KVA 20kV/6kV	1,00	2500,00	2.500,00
		H oficial electricista	70,00	21,00	1.470,00
		H ayudante electricista	70,00	18,00	1.260,00
		H grúa	10,00	35,00	350,00
2.9.3	ud	Cuadro general de baja tensión			
		Cuadro general montado en armario modular 2.400x2.100x500 mm fabricado por Klockner Moeller ref. 462/98/5411, o cuadrista homologado similar, dotado de cerramientos laterales y frontales de chapa pintada, con los elementos de corte, protección y maniobra descritos en planos unifilares. Totalmente montado, cableado y conexionado hasta bornas de salida, incluso instalado y conexionado de derivaciones.			6.755,00
		ud cuadro electrico homologado con aparementa s/ planos unifilares, conexionado desde subcuadros	1,00	1.900,00	1.900,00
		H oficial electricista	120,00	21,00	2.520,00
		H ayudante electricista	120,00	18,00	2.160,00
		H grúa	5,00	35,00	175,00
2.9.4	ud	Extintor portátil 6 kg, polvo químico poliv., A B C, 34A-233B-C			
		Extintor portátil de polvo químico polivalente contra fuegos A B C, de 6 kg de agente extintor, eficacia 34A-233B-C , está certificado según la Norma Europea EN37, por AENOR y el extintor tiene el marcado CE como equipo a presión según la Directiva 97/23 CE. Incluye soporte, válvula de disparo, manguera con difusor y manómetro, incluidas fijaciones a la pared.			39,00
		Ud extintor 6kg	1,00	32,00	32,00
		H oficial	0,20	20,00	4,00
		p.p. accesorios	1,00	3,00	3,00

2.9.5	ud	Extintor portátil CO2 5 kg, eficacia 89B-C			
		Extintor portátil de CO2, contra fuegos BC (incluso en presencia de tensión eléctrica), de 5 kg de agente extintor, eficacia 89B-C, tipo Fire Ice o equivalente, está certificado según la Norma Europea EN37, por AENOR y el extintor tiene el marcado CE como equipo a presión según la Directiva 97/23 CE. con soporte, válvula y manguera con difusor, incluidas fijaciones.			42,00
		Ud extintor 5kg CO2	1,00	35,00	35,00
		H oficial	0,20	20,00	4,00
		p.p. accesorios	1,00	3,00	3,00

3. Precios por contrata

3.1. Capítulo 1: Captación de agua de mar

CÓD.	UD.	RESUMEN	CANT.	PRECIO(€)	IMPORTE
3.1.1	ml	Perforación de pozo en cualquier tipo de terreno mediante roto-percusión			
		Perforación de pozo vertical de diámetro 60cm, mediante máquina de rotopercusión, instalada in situ en el lugar con ayuda de grúa, incluso conexión a grupo electrógeno. P.P. de transporte de material extraído sobrante y entrega en vertedero, así como desmontaje y transporte.	105,00	128,10	13.450,50
3.1.2	ml	Encamisado de pozo			
		Encamisado de sondeo vertical con tubería PRFV diámetro 450 mm, con uniones químicas de los diferentes tramos de tubería. Se instalará 145 metros de encamisado más 10 metros de encamisado con taladros o ranurados.	155,00	109,57	16.983,35
3.1.3	ud	Bomba sumergible KSB itur modelo UPA o similar, H=148 m,Q= 250 m3/h			
		Bomba centrífuga vertical sumergible para captación de agua de mar marca ITUR KSB o similar con caudal 250m3/h y 148mca, de 129,43 kW de potencia, montada con ayuda de grúa con p.p. de anclajes a pared de pozo, tubería de conexionado e instrumentación según planos, conexionado eléctrico a subcuadro. Funcionando.	2,00	39.815,00	79.630,00

3.2. Capítulo 2: Pretratamiento del agua de mar

3.2.1	ud	Filtro de malla autolimpiante AZUD modelo Luxon LFH o similar, Q = 250 m³/h, 125 µm			
		Instalación de filtro de malla automático marca AZUD modelo Luxon LFH o similar con elemento filtrante en acero inoxidable AISI-316-L y estructura de PVC, con caudal de 250m ³ /h y tamaño de paso de 125 µm. Disposición horizontal. Además este presupuesto contempla el conexionado de las tuberías implicadas en el proceso, tanto de filtración del agua de mar con diámetro 200 mm, como de evacuación de agua de limpieza de filtros de D 50 mm PN 6.	2,00	7.009,98	14.019,96
3.2.2	ud	Equipo dosificador de cloruro férrico			
		Equipo dosificador de cloruro férrico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 6,9 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.	1,00	2.760,50	2.760,50
3.2.3	ud	Equipo dosificador de ácido sulfúrico			
		Equipo dosificador de ácido sulfúrico que consta de un depósito de 1000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 1715mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 3,5 L/h y presión máxima de 10 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.	1,00	2.220,50	2.220,50
3.2.4	ud	Equipo dosificador de hipoclorito sódico			
		Equipo dosificador de hipoclorito sódico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 7,7 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.	1,00	2.760,50	2.760,50
3.2.5	ud	Equipo dosificador de bisulfito sódico			

		Equipo dosificador de bisulfito sódico que consta de un depósito de 2000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 3303mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 6,9 L/h y presión máxima de 7 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 25 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.	1,00	2.760,50	2.760,50
3.2.6	ud	Equipo dosificador de antiincrustante Genesol LS			
		Equipo dosificador de Genesol LS que consta de un depósito de 1000 L en PRFV de dimensiones D 900mm y H 1715mm y una bomba dosificadora de membrana magnética PROMINENT mod. Alpha C o similar, con caudal máximo de 1,8 L/h y presión máxima de 10 bar. Además el circuito de tuberías de operación fabricado en polietileno de alta densidad de 40 mm. Además se contará el conjunto de accesorios y valvulería necesaria para llevar a cabo la operación. Completamente instalado y probado.	1,00	2.130,50	2.130,50
3.2.7	ud	Filtro de cartucho Harmsco o similar, Q = 250 m3/h, paso = 5 µm			
		Instalación de filtro de cartuchos marca HARMSCO totalmente instalado, compuesto por carcasa de acero inoxidable 304 modelo HMC con capacidad para contener 51 cartuchos plegados de polipropileno de 40" y 5 µm, marca Harmsco modelo PP. Además se contempla la instalación y conexionado de las tuberías de entrada y salida del agua de mar D 200 mm PN 6, así como el conjunto de valvulería y accesorios.	2,00	7.563,39	15.126,78

3.3. Capítulo 3: Bombeo de alta presión

3.3.1	ud	Bomba centrífuga de de alta presión KSB itur, modelo Multitec o similar, Q=125 m3/h, H=522m			
		Ud. Bomba centrífuga de cuerpo segmentado KSB itur, modelo Multitec que absorbe una potencia de 260,87 KW para una presión de 522 mca. La instalación del equipo contará con las fijaciones adecuadas a las bancadas ya construidas, así como el conexionado a las tuberías de aspiración, construida en PRFV D 150 mm, y de impulsión, fabricada en acero inoxidable 904L 6". En este presupuesto descompuesto se ha de contar además con la valvulería y accesorios necesarios para llevar a cabo la operación. Finalmente se realizará el conexionado a las bornas del subcuadro eléctrico correspondiente.	2,00	53.267,00	106.534,00

3.3.2	ud	Sistema de intercambio de presión ERI modelo PX-260, Q = 41,7 m3/h			
		Sistema de intercambio de presión por cámaras rotativas ERI, modelo PX-260, fabricadas en cerámica de óxido de aluminio con caudal de 41,7 m3/h. La instalación se complementa con tuberías de aspiración de agua de mar y evacuación de salmuera PRFV DN 150 mm PN 6, y tubería de impulsión de agua mar y entrada de salmuera en acero inoxidable AISI 904L D 6". Además se instalarán los accesorios y valvulería necesaria para su instalación.	3,00	72.656,00	217.968,00
3.3.3	ud	Bomba booster KSB itur, modelo RPH-RO o similar, Q= 125 m3/h, H= 14,2 m			
		Bomba booster de carcasa de voluta partida radialmente de cuerpo segmentado KSB itur, modelo RPH-RO con una potencia de 6,62 KW para una presión de 14,2 mca. La instalación del equipo contará con las fijaciones adecuadas a las bancadas ya construidas, así como el conexionado a las tuberías de aspiración, construida en PRFV D 150 mm, y de impulsión, fabricada en acero inoxidable 904L 6". En este presupuesto descompuesto se ha de contar además con la valvulería y accesorios necesarios para llevar a cabo la operación. Finalmente se realizará el conexionado a las bornas del subcuadro eléctrico correspondiente.	1,00	16.054,00	16.054,00

3.4. Capítulo 4: Ósmosis inversa

3.4.1	ud	Bastidor de ósmosis inversa, 20 tubos presión, 120 membranas, Q = 1500 m3/d			
		Bastidor de ósmosis inversa, compuesto por una estructura metálica de acero inoxidable de 2,00x2,50x7,00 m. Se instalarán 20 tubos de presión marca CODELINE modelo 80H100 o similar de D 8" para contener cada uno 6 membranas de 40" de longitud. Se dispondrán 120 membranas de ósmosis inversa marca HYDRANAUTICS mod. SWC6-LD de bajo índice de ensuciamiento. Las tuberías de acero inoxidable 904L repartidoras de agua de mar, montadas y conectadas entran en este apartado del presupuesto. El bastidor será completamente instalado y fijado, así como cada uno de los tubos de presión conectados a los colectores de alimentación de agua de mar, de agua producto y de salmuera y rechazo.	1,00	139.616,20	139.616,20

3.5. Capítulo 5: Bombeo de agua producto y evacuación de salmuera

3.5.1	ud	Bomba centrífuga de para impulsión de producto, marca KSB itur, modelo Multitec, Q=62,5 m³/h, H= 242 m			
		Bomba centrífuga horizontal de cuerpo segmentado para la impulsión del agua producto hacia los embalses de los propietarios marca KSB itur mod. Multitec. La potencia es de 56 kW para una presión de 242 mca. El grupo motobomba irá fijado convenientemente a la bancada ya construida, además se realizará el conexionado de las tuberías de aspiración e impulsión construidas en PRFV 100 mm PN 25, a las tubuladuras de la bomba, así como los enlaces por unión química de éstas al colector de aspiración y colector de impulsión, construido en PRFV 150 mm. Además, la instalación contemplará la implantación de los accesorios correspondientes para el trazado correcto especificado en planos, así como el conexionado eléctrico del equipo.	3,00	32.733,00	98.199,00
3.5.2	ml	Perforación de pozo en cualquier tipo de terreno mediante roto-percusión			
		Perforación de pozo vertical de diámetro 60cm, mediante máquina de rotopercusión, instalada in situ en el lugar con ayuda de grúa, incluso conexión a grupo electrógeno. P.P. de transporte de material extraído sobrante y entrega en vertedero, así como desmontaje y transporte.	105,00	128,10	13.450,50
3.5.3	ml	Encamisado de pozo			
		Encamisado de sondeo vertical con tubería PRFV diámetro 450 mm, con uniones químicas de los diferentes tramos de tubería. Se instalará 155 metros de encamisado más 10 metros de encamisado con taladros o ranurados.	165,00	109,57	18.079,05
3.5.4	ud	Depósito tipo australiano de 1500 m³ construido en acero galvanizado			
		Depósito metálico cilíndrico fabricado con láminas de acero, corrugadas, galvanizadas de 1050 m ³ . Diámetro: 11,5 metros, altura: 10 metros. Incluido montaje.	1,00	15.486,00	15.486,00

3.6. Capítulo 6: Tratamiento químico

3.6.1	ud	Equipo de lavado químico de membranas constituido por un depósito, dos bombas y un filtro de cartuchos			
		Equipo de limpieza química de membranas, compuesto por un depósito de 6000L fabricado en PRFV, los colectores PRFV DN 150 y PN 6 correspondientes de limpieza y recirculación con sus correspondientes accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos, así como las bombas químicas normalizadas monoetapa de voluta partida radialmente KSB itur mod. Mega CPK con una potencia de 21,74kW para una presión de 49,2 mca y un caudal de 120 m3/h. La distribución de agua de servicio se realiza mediante conducción de PE D 50 mm PN4 desde el bastidor de ósmosis inversa hasta el depósito de limpieza química mediante una bomba KSB itur modelo Etabloc. Se instalará un filtro de cartuchos plegados marca Harmsco con 20 cartuchos con una selectividad de 5 micras absolutas.	1,00	42.287,84	42.287,84

3.7. Capítulo 7: Tuberías

3.7.1	ml	Tubería de PRFV DN-250 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-250 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	41,50	93,86	3.895,19
3.7.2	ml	Tubería de PRFV DN-200 PN-16			
		Tubería de PRFV DN-200 PN-16bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	296,00	92,68	27.433,10
3.7.3	ml	Tubería de PRFV DN-200 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-200 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	26,00	305,98	7.955,42

3.7.4	ml	Tubería de PRFV DN-150 PN-25			
		Tubería de PRFV DN-150 PN-25bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	450,00	97,23	43.753,03
3.7.5	ml	Tubería de PRFV DN-150 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-150 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	224,00	92,63	20.749,81
3.7.6	ml	Tubería de PRFV DN-100 PN-25			
		Tubería de PRFV DN-100 PN-25bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	15,00	254,37	3.815,52
3.7.7	ml	Tubería de PRFV DN-50 PN-6			
		Tubería de PRFV DN-50 PN-6bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	39,00	53,50	2.086,50
3.7.8	ml	Tubería de PE DN-150 PN-4			
		Tubería de PE DN-150 PN-4bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	31,00	90,96	2.819,87
3.7.9	ml	Tubería de PE DN-50 PN-4			
		Tubería de PE DN-50 PN-4bar, instalada mediante uniones soldadas por termofusión con la p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/ planos del proyecto. Se incluye medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	20,50	59,35	1.216,69
3.7.10	ml	Tubería de Acero inoxidable AISI 904L de 8"			

		Tubería de agua de mar a alta presión al proceso de ósmosis inversa, fabricada en acero inoxidable AISI 904L D 8'' sch.40, soldada. Se incluyen p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/planos del proyecto, además de medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	5,00	664,25	3.321,25
3.7.11	ml	Tubería de Acero inoxidable AISI 904L de 6''			
		Tubería de agua de mar a alta presión al proceso de ósmosis inversa, fabricada en acero inoxidable AISI 904L D 6'' sch.40, soldada. Se incluyen p.p. de accesorios, valvulería e instrumentación s/planos del proyecto, además de medios auxiliares de montaje y p.p. de transporte hasta obra.	36,50	438,95	16.021,66

3.8. Capítulo 8: Instrumentación

3.8.1	ud	Medidor de nivel marca Endress Hauser			
		Ud. Medidor de nivel de radar marca Endress Hauser modelo TOF Micropilot FMR53 o similar. Altura máxima: 20 metros. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.	7,00	334,00	2.338,00
3.8.2	ud	Caudalímetro electromagnético Endress Hauser			
		Caudalímetro electromagnético marca Endress Hauser modelo Promag W800 o similar DN 25- 300 mm Totalmente instalado y probado.	9,00	596,50	5.368,50
3.8.3	ud	Medidor de presión Endress Hauser			
		Medidor de presión marca Endress Hauser modelo Cerabar MPMP55 o similar. Rango: 0-400 bar. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.	20,00	331,50	6.630,00
3.8.4	ud	Medidor de conductividad Endress Hauser			
		Medidor de conductividad marca Endress Hauser. Rango de medida: hasta 100.000 microS/cm. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.	4,00	346,50	1.386,00
3.8.5	ud	Medidor de temperatura Endress Hauser			

		Medidor de temperatura marca Endress Hauser modelo Thermophant T TTR31 o similar. Rango de medida: -50 a 150 °C. Señal de salida: 4-20 mA. Totalmente instalado y probado.	4,00	201,50	806,00
3.8.6	ud	Sistema de control			
		Programa de control del proceso marca SIEMENS modelo SIMATIC PCS 7 o similar, completamente instalado y conectado, además de comprobación de funcionamiento.	1,00	10.380,00	10.380,00

3.9. Capítulo 9: Instalaciones Auxiliares

3.9.1	ud	Instalación neumática de alimentación de aire a las válvulas de accionamiento neumático			
		Instalación neumática de alimentación de aire a las válvulas de accionamiento neumático. Se dispondrá una red de aire comprimido marca TRANSAIR o similar alimentado por un compresor de tornillo marca PUSKA modelo RLC-5.5, con una potencia de 4 KW y una presión máxima de 8-10 kg/cm ² . Se realizará la instalación y conexionado del sistema a los cofrets de electroválvulas y conjunto de tratamiento de aire de cada uno de los filtros de arena y antracita, así como a todas las válvulas de accionamiento neumático del proceso. La conducción de aire comprimido se hará por medio de tubería de polietileno de alta densidad de 25 mm PN 10.	1,00	6.122,50	6.122,50
3.9.2	ud	Estación transformadora: 2 transformadores de 250 kVA y 630kVA			
		Estación transformadora compuesta por dos transformadores de 250 KVA a 230/400 V en los secundarios y de 630 KVA a 6.000 V. Se dispondrá en la sala habilitada para esta función ya construida. La instalación contará con todos los accesorios y dispositivos eléctricos de medida, protección y operación requeridos.	1,00	10.380,00	10.380,00
3.9.3	ud	Cuadro general de baja tensión			
		Cuadro general montado en armario modular 2.400x2.100x500 mm fabricado por Klockner Moeller ref. 462/98/5411, o cuadrista homologado similar, dotado de cerramientos laterales y frontales de chapa pintada, con los elementos de corte, protección y maniobra descritos en planos unifilares. Totalmente montado, cableado y conexionado hasta bornas de salida, incluso instalado y conexionado de derivaciones.	1,00	6.755,00	6.755,00

3.9.4	ud	Extintor portátil 6 kg, polvo químico poliv., A B C, 34A-233B-C			
		Extintor portátil de polvo químico polivalente contra fuegos A B C, de 6 kg de agente extintor, eficacia 34A-233B-C , está certificado según la Norma Europea EN37, por AENOR y el extintor tiene el marcado CE como equipo a presión según la Directiva 97/23 CE. Incluye soporte, válvula de disparo, manguera con difusor y manómetro, incluidas fijaciones a la pared.	12,00	39,00	468,00
3.9.5	ud	Extintor portátil CO2 5 kg, eficacia 89B-C			
		Extintor portátil de CO2, contra fuegos BC (incluso en presencia de tensión eléctrica), de 5 kg de agente extintor, eficacia 89B-C, tipo Fire Ice o equivalente, está certificado según la Norma Europea EN37, por AENOR y el extintor tiene el marcado CE como equipo a presión según la Directiva 97/23 CE. con soporte, válvula y manguera con difusor, incluidas fijaciones.	4,00	42,00	168,00

4. Resumen del presupuesto

CAPÍTULOS	EUROS
4.1 CAPTACIÓN AGUA DE MAR	110.063,85
4.2 PRETRATAMIENTO DE AGUA DE MAR	41.779,24
4.3 BOMBEO DE ALTA PRESIÓN	340.556,00
4.4 ÓSMOSIS INVERSA	139.616,20
4.5 BOMBEO DE AGUA PRODUCTO Y EVACUACIÓN DE SALMUERA	145.214,55
4.6 TRATAMIENTO QUÍMICO	42.287,84
4.7 TUBERÍAS	133.068,04
4.8 INSTRUMENTACIÓN	26.888,50
4.9 INSTALACIONES AUXILIARES	23.893,50
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	1.003.367,72
13% Gastos generales	130.437,8
7% Beneficio industrial	70.235,74
	200.673,54

7% I.G.I.C	84.282,89
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN CONTRATA	1.288.324,15

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN
DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS
ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS***

PLANOS

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Alumno: Fabián Pérez García

Tutor interno: Manuel F. Álvarez Díaz

Tutor externo: Claudio Nicolás Clemente Bello

Julio 2015

Índice

1. Planos	1
1.1. Plano 1: Situación y emplazamiento	2
1.2. Plano 2: Diagrama de bloques	3
1.3. Plano 3: Diagrama de flujo	4
1.4. Plano 4: Planta de la instalación desaladora	5
1.5. Plano 5: Esquema unifilar	6

1. Planos

En el presente documento se recogen los siguientes planos, estando todos editados en formato A3:

1.1. Plano 1: Situación y emplazamiento

1.2. Plano 2: Diagrama de bloques

1.3. Plano 3: Diagrama de flujo

1.4. Plano 4: Planta de la instalación desaladora

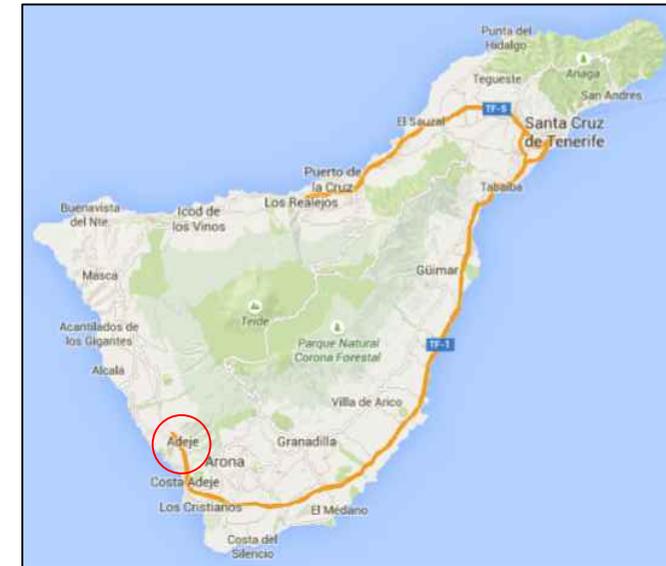
1.5. Plano 5: Esquema unifilar



BARRIO DE ARMEÑIME - ZONA DE FINCAS



ISLAS CANARIAS - ISLA DE TENERIFE



TENERIFE - MUNICIPIO DE ADEJE

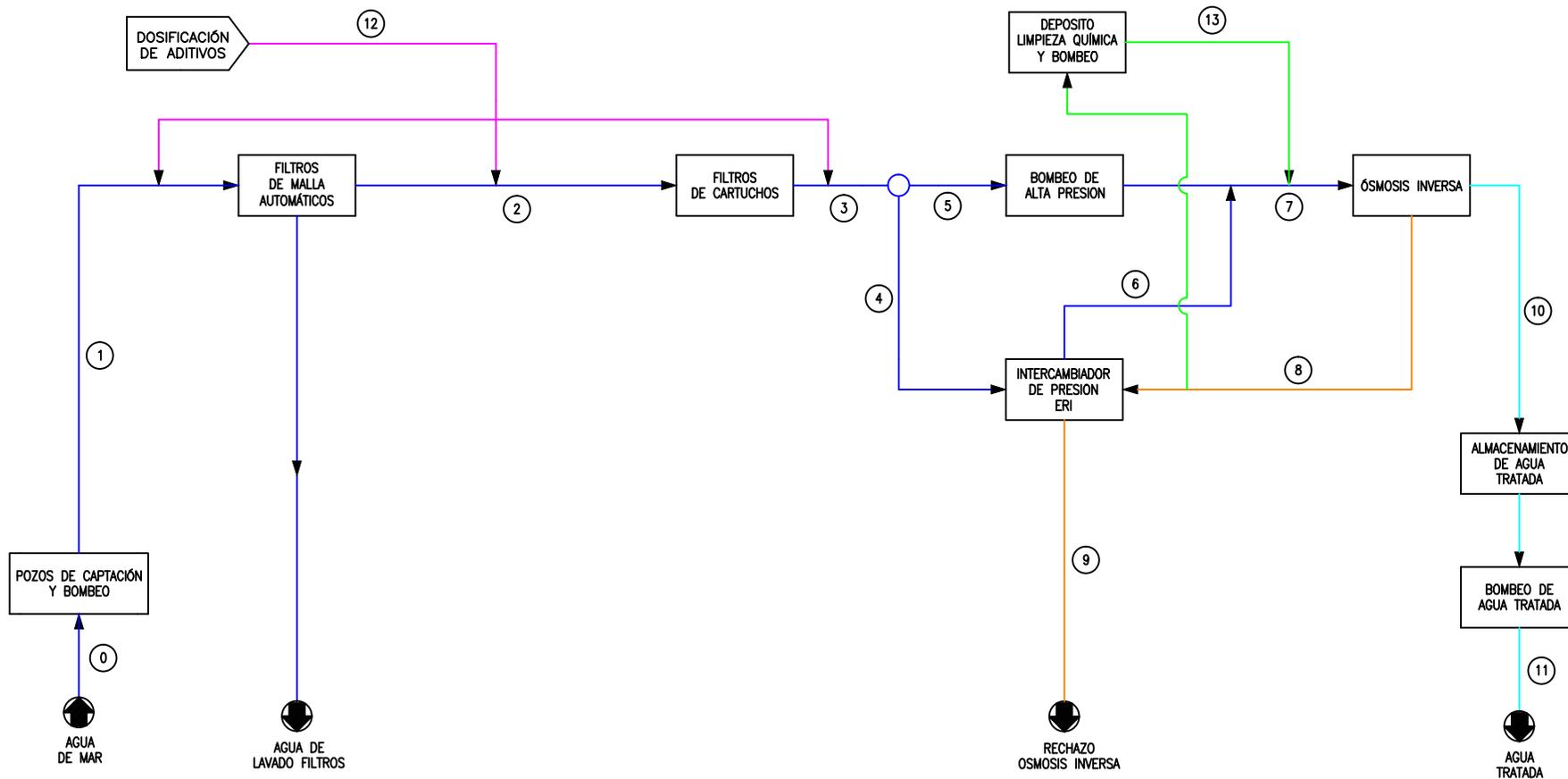


PARCELA

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS

	Fecha	Nombre		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	04/2015	Fabián P.G.		
Comprob.	06/2015	Claudio C.B.		
Ids normas	UNE-EN-DIN			

Escala S/E	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	N° Plano: Plano 1 Nom. Arch: situacionp1.dwg
---------------	---------------------------	---



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
DESCRIPCIÓN	CAPTACION AGUA DE MAR	CAPTACION AGUA DE MAR	FILTRACIÓN GROSERA	FILTRACIÓN DE AFINO	BY-PASS ALIMENTACIÓN A ERI	ALIMENTACIÓN A BOMBA AP	ALIMENTACIÓN DE ERI	ALIMENTACIÓN DE BOMBA AP Y ERI	SALMUERA A ERI	EVACUACIÓN DE SALMUERA	AGUA PRODUCTO A TANQUE	BOMBEO DE AGUA PRODUCTO	DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS	LIMPIEZA QUÍMICA
CAUDAL m ³ /h	250	250	250	250	125	125	125	250	125	125	125	125	—	120
PRESIÓN bares	14,8	4,1	3,8	2	2	2	54,1	54,1	53,7	0,5	0	25	—	4

FACTOR DE CONVERSION: 50%
 PRODUCCION NOMINAL: 1254 m³/día
 PRODUCCION REAL: 1500 m³/día

DESCRIPCION DE CORRIENTES	
—	Corriente de agua de mar
—	Corriente de agua producto
—	Corriente de rechazo
—	Corriente de limpieza química
—	Corriente de dosificación de aditivos

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS

Fecha		Nombre		 Universidad de La Laguna	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Dibujado	04/2015	Fabián P.G.			Grado en Ingeniería Química Industrial	
Comprob.	06/2015	Claudio C.B.			Universidad de La Laguna	
Ids normas	UNE-EN-DIN					
Escala	DIAGRAMA DE BLOQUES				Nº Plano: Plano 2	
S/E					Nom. Arch: bloquesp2.dwg	

CAPTACIÓN Y BOMBO DE AGUA DE MAR

FILTRACIÓN SOBRE FILTRO DE MALLA AUTOMÁTICO

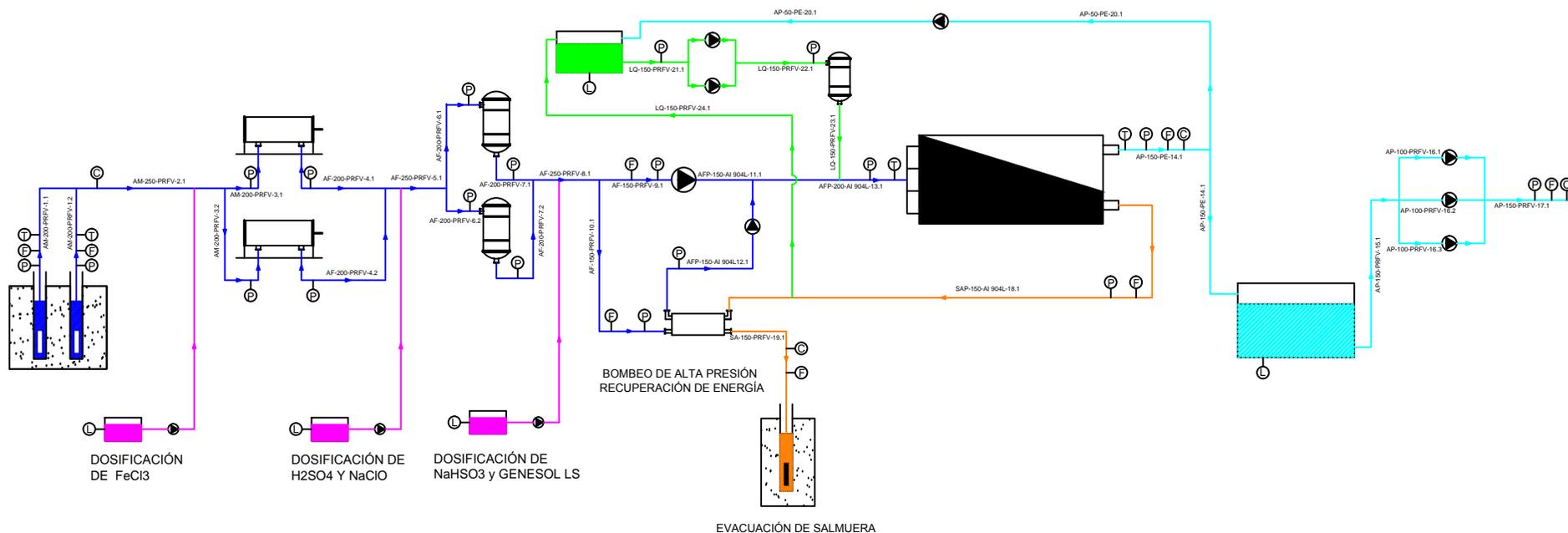
FILTRACIÓN SOBRE CARTUCHOS

LIMPIEZA QUÍMICA DE MEMBRANAS

BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA MEMBRANAS HYDRANAUTICS SWC6-LD

ALMACENAMIENTO DE AGUA PRODUCTO

BOMBO DE PERMEADO
Altura: 150 m



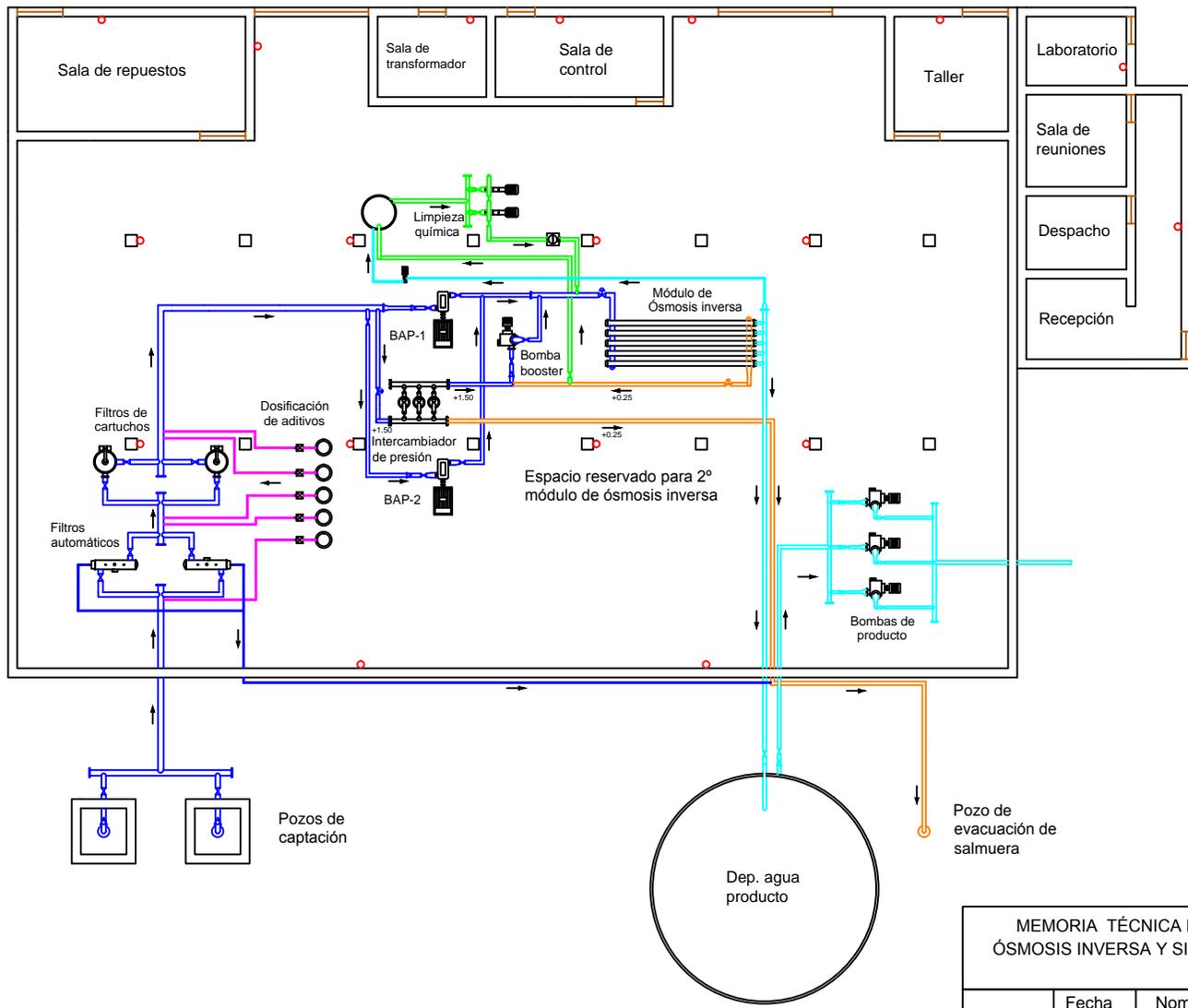
DESCRIPCIÓN DE LAS CONDUCCIONES DE LAS INSTALACIONES	
AM-300-PRFV	AM Características del fluido que circula por la conducción
	300 Diámetro nominal de la conducción
	PRFV Material de la conducción
	PRFV Poliéster reforzado de fibra de vidrio
	AI-904L Acero inoxidable 904 L
	PE Polietileno
AM	Agua mar
AF	Agua filtrada
AFP	Agua filtrada a presión
AP	Agua permeado
SA	Salmuera
SAP	Salmuera a presión
LQ	Limpieza química

INSTRUMENTACIÓN	
Ⓢ	Medidor de conductividad
Ⓣ	Medidor de caudal
Ⓟ	Medidor de presión
Ⓣ	Medidor de temperatura
Ⓛ	Medidor de nivel

DESCRIPCIÓN DE CORRIENTES	
—	Corriente de agua de mar
—	Corriente de agua producto
—	Corriente de rechazo
—	Corriente de limpieza química
—	Corriente de dosificación de aditivos

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS			
Dibujado	04/2015	Fabián P.G.	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Comprob.	06/2015	Claudio C.B.	
Ids normas	UNE-EN-DIN		
Escala	S/E		Nº Plano: Plano 3 Nom. Arch: flujop3.dwg

DIAGRAMA DE FLUJO



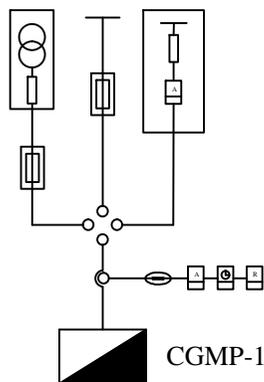
DESCRIPCIÓN DE VÁLVULAS	
	Válvula de corte
	Válvula modulante
	Válvula antirretorno

Extintor

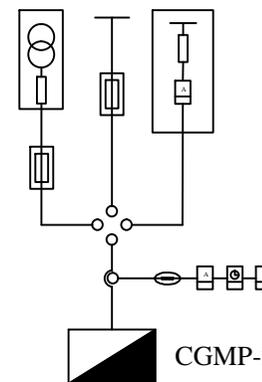
DESCRIPCIÓN DE CORRIENTES	
	Corriente de agua de mar
	Corriente de agua producto
	Corriente de salmuera
	Corriente de limpieza química
	Corriente de aditivación química
	Dirección del flujo de la corriente
+0.25	Cota sobre suelo de la corriente

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS				
	Fecha	Nombre	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	05/2015	Fabián P.G.		Grado en Ingeniería Química Industrial
Comprob.	06/2015	Claudio C.B.		Universidad de La Laguna
Ids normas	UNE-EN-DIN			
Escala	PLANTA DE LA INSTALACIÓN DESALADORA			Nº Plano: Plano 4
1:200				Nom. Arch: plantap4.dwg

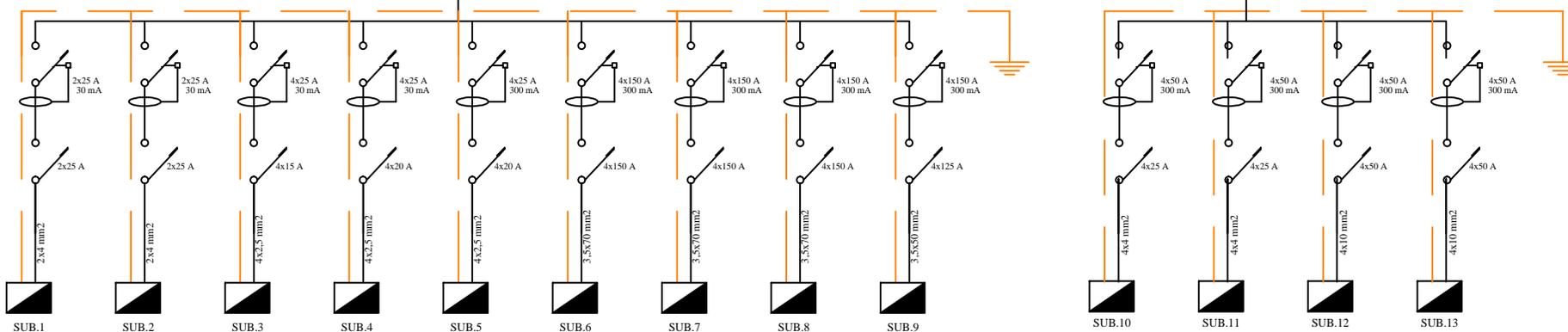
CT1
250 KVA
20.000V/420-230V
2(3,5x120) + 70mm²
Cu 0,6/1 KV



CT2
630 KVA
20.000V/6.000V
3,5x25 mm²
Cu 6/10 KV



	Interruptor diferencial puro
	Interruptor aut. modular >6 KA
	Conjunto de medida digital: Lector de intensidad Lector de tensión Lector de potencia Lector de factor de potencia



SUB	CONCEPTO	POT(kW)	TIERRA(mm2)
1	Alumbrado nave	5,00	4
2	Alumbrado oficinas y exterior	5,00	4
3	Fuerza tomas varias oficinas	5,00	2,5
4	Fuerza tomas varias nave	10,00	2,5
5	Bomba booster	6,62	2,5
6	Bomba impulsión producto 1	55,78	35
7	Bomba impulsión producto 2	55,78	35
8	Bomba impulsión producto 3	55,78	35
9	Limpieza química y dosificación	48,00	25

SUB	CONCEPTO	POT(kW)	TIERRA(mm2)
10	Bomba captación 1	129,43	4
11	Bomba captación 2	129,43	4
12	Bomba de alta presión n°1	260,87	10
13	Bomba de alta presión n°2	260,87	10

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DESALADORA DE AGUA DE MAR POR ÓSMOSIS INVERSA Y SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA POR CÁMARAS ISOBÁRICAS PARA FINCA DE PLÁTANOS

Dibujado	06/2015	Fabián P.G.		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Comprob.	06/2015	Claudio C.B.		
Ids normas	UNE-EN-DIN			
Escala S/E	ESQUEMA UNIFILAR			Nº Plano: Plano 5 Nom. Arch: unifilaresp5.dwg