

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA DESALADORA DE AGUA DE MAR DEL CANAL DE ALICANTE

1.- Introducción

El 23 de septiembre del 2003 se inauguró por parte de la Ministra de Medio Ambiente, Dña. **Elvira Rodríguez**, la desaladora de agua de mar del Canal de Alicante, con una producción de 50.000 m³/día de agua dulce para consumo humano. Dicha desaladora ha pasado a engrosar la lista de instalaciones que conforman el sistema hidráulico de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, Organismo autónomo del Ministerio de Medio Ambiente que abastece a una población de dos millones de habitantes repartidos en 77 municipios de Alicante, Murcia y Albacete. De manera directa la desaladora abastece a una población aproximada de 600.000 personas repartidas entre Alicante, Elche, Santa Pola y San Vicente del Raspeig.

2.- Características básicas

La Planta Desaladora de agua de mar del Canal de Alicante presenta una capacidad de producción neta de 50.000 m³/día operando de forma continuada durante las 24 horas.

La toma de agua de mar se realiza mediante 22 pozos playeros impulsándose un caudal de 125.000 m³/día.

Una vez superada la fase de pretratamiento, el caudal total se divide

Carlos Vicente Caballero,
Ingeniero Industrial Prointec, S.A.



en siete líneas de producción formados por un tren de alta presión (bomba, motor y turbina) seguido por un bastidor de osmosis inversa. La conversión es del 45% (de cada 100 litros, 45 litros se convierten en agua producto y el resto es agua de rechazo) por lo que cada línea de producción obtiene 7.200 m³/día de agua desalada.

talación con una segunda etapa (otro bastidor de ósmosis inversa con membranas específicas de alta presión) que recogería el agua de rechazo de la primera y la utilizaría como alimentación de la segunda etapa. Entre las dos etapas se colocaría una bomba booster para conseguir la presión necesaria. Con esta segunda etapa se puede conseguir pasar de una



La planta está preparada para la ampliación de dos líneas más de producción de 7.200 m³/h cada una. Además se puede implementar la ins-

conversión del 45% al 60% aproximadamente. En caso de realizarse las mencionadas ampliaciones, la producción se incrementaría hasta los 81.000 m³/día.

El proceso de desalación se realiza mediante la tecnología de ósmosis inversa con la utilización de membranas semipermeables de poliamida del tipo de enrollamiento en espiral.

El agua producto es bombeada por cuatro grupos motobomba hasta un depósito regulador de 50.000 m³ desde el cual se conecta con los canales propios de distribución de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla.

Las obras se iniciaron en noviembre de 2000 finalizando en septiembre de 2003. El presupuesto final de las obras asciende a 52.618.644,86 €





y ha contado con la financiación en un 85% del Fondo de Cohesión de la **Comunidad Europea**.

3.- Descripción de las instalaciones.

3.1.- Toma y bombeo

3.1.1.- Toma de agua de mar

Después de un completo estudio de las distintas alternativas a considerar para la toma de agua de mar se concluyó que la solución optima, por los caudales con los que trabaja la planta y las características del terreno, es la de toma en pozos con bombas sumergibles.

La toma de agua se realizó mediante 22 pozos de 50 metros de profundidad y con una separación aproximada entre pozos de 20 metros, con lo que se obtiene un caudal de 125.000 m³/día.

Los pozos presentan un diámetro de 500 mm y se encuentran encamisados en los primeros 4 - 5 metros con una tubería de acero para evitar desmoronamientos del terreno y en el resto del pozo con tubería drenante de PVC donde se produce la recogida del agua de mar filtrada.



3.1.2.- Bombeo de agua de mar

Los pozos descritos en el punto anterior recogen el agua marina filtrada de manera natural por el terreno, siendo impulsada a la planta desaladora mediante 18 bombas centrífugas sumergidas (una por pozo).

Las características principales de las bombas son: Caudal nominal: 360 m³/h; Altura manométrica: 42 mca; Potencia del motor: 75 kW.

3.2.- PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR

3.2.1.- Descripción general

La función del pretratamiento del agua de mar es la de garantizar, tanto desde el punto de vista de sus propiedades químicas como físicas, las condiciones óptimas del agua de ali-



mentación a los bastidores de ósmosis inversa.

En el caso de la desaladora de Alicante, debido a la buena calidad del agua de toma, el pretratamiento necesario es mínimo. Aun así, y por motivos de seguridad ante cualquier contingencia que se presente en el futuro y que provoque una mala calidad del agua de toma, se incluye ocho etapas de pretratamiento:

- Dosificación de hipoclorito sódico.
- Dosificación de coagulante.
- Filtración sobre arena.
- Bombeo del agua de mar filtrada.
- Dosificación de ácido sulfúrico.
- Adición de dispersante.
- Dosificación de bisulfito sódico.
- Filtros de cartuchos.

3.2.2.- Dosificación de hipoclorito sódico

En la desaladora de Alicante debido a la filtración natural del terreno la actividad bacteriológica es muy reducida. Aún así, para realizar una desinfección puntual del agua de mar se em-



plea el hipoclorito sódico a una dosis máxima de diseño de 2 mg/l como cloro activo.

El equipo de dosificación de hipoclorito de la desaladora consta de un deposito de 30.000 litros, dos bombas dosificadoras (una de reserva) y una bomba de carga desde camión.

3.2.3.- Dosificación de coagulante

De igual manera, el agua bruta tomada de pozo tiene un bajo índice de colmatación (SDI de 0,5 a los 60 minutos) y por tanto no se precisa coagulación.

Aun así, por razones de seguridad y debido a la capacidad de la planta se consideró conveniente la instalación de un equipo dosificador de coagulante inorgánico asumiendo una dosis de diseño de 5 mg/l de FCl₃.

El equipo de dosificación consta de un deposito de 30.000 litros, dos bombas dosificadoras (una de reserva) y una bomba de carga desde el camión cisterna.

3.2.4.- Filtración sobre arena

El agua de mar, una vez clorada y flocculada (si procede) es filtrada a través de diez filtros de gravedad contruidos en hormigón.

El lecho es de arena silíceas, con una altura de la capa filtrante de 1 metro, siendo la velocidad de filtración de 9,3 m³/h-m² en condiciones normales.





Conforme pasa el tiempo, el filtro de arena se va saturando y aumentan las pérdidas de carga dentro de él, siendo necesario realizar periódicamente el lavado del lecho filtrante. En nuestro caso el lavado se realiza mediante la técnica combinada de aire-agua, utilizando agua de mar filtrada. El sistema de lavado de filtros esta formado por los siguientes elementos:

- Tres grupos motobomba partidas radialmente. Caudal nominal: 900 m³/h; Altura manométrica de impulsión: 9.3 mca; Potencia del motor: 37 kW.
- Dos grupos motosoplante. Caudal impulsado: 3.000 m³/h; Presión manométrica: 3 mca; Potencia del motor: 37 kW.

3.2.5.- Bombeo de agua filtrada

El agua filtrada pasa a un depósito construido en hormigón con impermeabilización interior.

Desde este depósito se bombea a los filtros de cartuchos mediante seis grupos motobombas (uno de reserva) de cámara partida axial. Las características son:

- Caudal nominal: 1.050 m³/h.
- Altura manométrica: 59 mca.
- Rendimiento: 84%.
- Potencia del motor: 250 kW.

Las seis bombas de agua filtrada en servicio van dotadas de variador de frecuencia con el fin de optimizar el consumo energético de la planta

reduciendo la energía disipada en la válvula de control aguas arriba de los bastidores de membranas, así como adaptándose al caudal demandado por los bastidores en operación.

3.2.6.- Dosificación de ácido sulfúrico

El pH del agua bruta captada por los pozos playeros es de 6,8 - 6,9 por lo que no es necesario la dosificación de ácido sulfúrico. Por motivos de seguridad y ante una posible variación del pH se cuenta con un equipo dosificador formado por:

- Un depósito de almacenamiento de H₂SO₄ al 98% de 30.000 litros.
- Una bomba centrífuga para traslado del ácido desde el camión cisterna a dicho depósito.
- Dos bombas dosificadoras (una de reserva).

3.2.7.- Adición de dispersante o antiincrustante

La función de los antiincrustantes es la de mejorar la solubilidad de algunas sales y prevenir su precipitación (uno de los factores limitantes de la conversión de las desaladoras). Para las condiciones de operación de la Desaladora de Alicante se ha adoptado un polímero orgánico como dispersante (hexametáfosfato sódico), siendo la dosificación de 1 mg/l suficiente para conseguir la conversión del 45%. El equipo de dosificación consta de dos cubas, una en dosificación y otra en preparación de la solu-

ción al 10% y dos bombas dosificadoras (una de reserva).

3.2.8.- Dosificación de bisulfito sódico

Debido a la posible cloración del agua de mar, el agua filtrada contendrá cloro libre residual a unos niveles de aproximadamente 0,5 mg/l, siendo precisa su reducción total ya que dicho oxidante degrada irreversiblemente las membranas de poliamida.

Para conseguir dicha reducción se dosifica bisulfito sódico, siendo la dosis de diseño considerada de 5 mg/l.

El equipo de dosificación consta de dos cubas (una en dosificación y otra en preparación de la solución al 20%) y dos bombas dosificadoras (una de reserva) provistas de variadores de frecuencia.

3.2.9.- Filtros de cartuchos

El agua pretratada y debidamente acondicionada pasa a través de cinco filtros de cartuchos horizontales. Cada filtro de cartuchos contiene 12 cartuchos de polipropileno con un grado de filtración de 5 micras.

El ensuciamiento de los cartuchos se controla mediante un manómetro de presión diferencial que originará la alarma correspondiente.

3.3.- ÓSMOSIS INVERSA

3.3.1.- Bomba de alta presión y recuperación de energía

La Desaladora de Alicante presenta en la actualidad siete grupos de alta presión (un grupo por cada bastidor). Cada grupo consta de:

- Bomba de alta presión, centrífuga, horizontal y multietápica, doble voluta, partida horizontalmente, impulsores en oposición y simple aspiración. Caudal nominal: 750 m³/h;





Presión de trabajo: 67,6 kg/cm²; Potencia consumida: 1.709 kW.

- Turbina **Pelton** de recuperación de energía, con servomotor lineal y ajuste de posición con inyector por control remoto. Caudal nominal: 450 m³/h; Presión de trabajo: 66 kg/cm²; Potencia recuperada: 732 kW.

- Motor eléctrico de accionamiento de alto rendimiento, con ventilador de refrigeración directamente acoplado al eje principal del tren. Potencia del motor: 1.120 kW; Tensión de trabajo: 6.000 V.

- Bancada común a bomba, motor y turbina.

3.3.2.- Bastidores de ósmosis inversa

Las características principales de cada bastidor de módulos de O.I. son las siguientes:

- Conversión: 45%
- Disposición: un paso y una etapa.
- N° de módulos: 100.
- N° de membranas: siete por módulo (700 por bastidor).
- Producción: 7.200 m³/día.
- Salinidad del permeado <400 mg/l.

Las características más significativas de las membranas utilizadas en la Desaladora de Alicante son las siguientes:

- Tipo de membrana: De arrollamiento en espiral.
- Fabricante: ROPUR.
- Modelo: SU-820FA.

- Material: Poliamida aromática de tejido cruzado.

- Productividad condiciones estándar: 19 m³/día.

- Rechazo de sales: 99,75%.

- Presión máxima de operación: 70 kg/cm².

3.3.3.- Sistema de desplazamiento y limpieza química

Se ha considerado un sistema para el desplazamiento del agua de mar y para la limpieza de las membranas.

Los componentes principales de dicho sistema son los siguientes:

- Dos bombas centrífugas (una de reserva) de 400 m³/h.



- Un depósito de productos químicos de 25.000 litros.

- Un depósito para recogida y destrucción de espumas de 25.000 litros.

- Un filtro de cartuchos.

3.4.- REMINERALIZACIÓN DEL AGUA DESALADA

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

En el caso de la desaladora de Alicante se remineraliza para cumplir la Reglamentación con excepción de la dureza, la cual se dejará en valores en el entorno de los 25 mg/l Ca.

Se considera que este valor es suficiente ya que en el abastecimiento este agua se mezcla con aguas de mayor dureza provenientes del Canal de Alicante, con lo cual se conseguirán valores por encima de los 60 mg/l de Ca indicados en la norma.

La remineralización del agua permeada se realiza mediante la dosificación de hidróxido cálcico. El sistema de manejo, preparación y dosificación de cal consta de las siguientes partes:

- Un silo de 50 m³ equipado con sus correspondientes filtros de mangas, extractores vibrantes, etc.
- Dos transportadores de sinfín.
- Dos cubas para la preparación de la suspensión de cal de 3.000 litros.
- Dos grupos motobombas (una de reserva) para envío de la lechada de cal a la cámara de remineralización de 20 m³/h.

3.5.- SISTEMA DE AGUA PRODUCIDA

3.5.1.- Depósito de agua producto

En la Desaladora de Alicante el agua producida por los diferentes bastidores de O.I. se recoge en un colector general, a partir del cual se conduce directamente al depósito de agua producida de 2.000 m³ construido en hormigón armado de sección rectangular e impermeabilizados interiormente.

3.5.2.- Bombeo de agua producto

El agua producto es bombeada hasta un depósito regulador mediante seis grupos motobombas (uno de reserva), con una capacidad unitaria de bombeo de 12.600 m³/día.

3.5.3.- Tubería de impulsión

La tubería de impulsión de la Desaladora de Alicante se divide en dos zonas diferenciadas. El primer tramo de DN 1100, parte de la desaladora y llega hasta la toma de Santa Pola. Este tramo tiene capacidad para un caudal máximo de 81.000 m³/día y está construida en acero helicosoldado. El segundo tramo, de DN 700 y construido en fundición dúctil con recubrimiento interior de mortero de cemento tiene una capacidad máxima para 50.000 m³/día, parte de la toma de Santa Pola y llega hasta el depósito regulador.

En los terrenos de la desaladora está instalado el sistema antiariete de dicha conducción consistente en un depósito hidroneumático de 35.000 litros y 25 kg/cm² de presión máxima



de servicio y una chimenea de equilibrio de 34 metros de altura.

3.5.4.- Dosificación de hipoclorito sódico

El agua producida debe contener cloro libre residual y para ello se dosifica hipoclorito sódico a una dosis de diseño de 0,5 mg Cl₂/m³ de agua.

El equipo de dosificación consta de un depósito de 8.000 litros y dos bombas dosificadoras (una de reserva).

3.5.5.- Depósito regulador

El agua producto impulsada desde la desaladora se recibe en un depósito regulador de 50.000 m³ cercano a la toma de abastecimiento a Elche del Canal de Alicante.

3.6.- EVACUACIÓN DE VERTIDOS

Los vertidos generados, son éstos: salmuera o rechazo de la O.I., agua de lavado de los filtros de arena, vertidos de limpieza de membranas y drenajes de suelos y otros vertidos de menor relevancia. El vertido correspondiente a la salmuera es continuo y los demás son intermitentes o esporádicos.

Como consecuencia de los rechazos procedentes de la Planta Desaladora se ejecutaron las siguientes actuaciones:

- Planta de tratamiento de efluentes en la planta para el tratamiento de los vertidos procedentes del lavado de filtros y membranas de ósmosis inversa. La instalación está formada por los siguientes elementos:

1. Balsa de regulación y decantación donde se recogerán directamen-

te los vertidos procedentes del lavado de filtros y los del lavado de membranas.

2. Sistema de floculación - decantación para el tratamiento del residuo procedente de la balsa anterior.

3. Tratamiento de sólidos sedimentables.

4. Depósito de neutralización de los vertidos procedentes del lavado de membranas.

Los vertidos procedentes del lavado de filtros son de carácter intermitente, produciéndose en un corto periodo de tiempo 15 - 20 minutos y a intervalos muy prolongados, superiores a seis horas.

Los vertidos procedentes del lavado de membranas son recogidos en un depósito donde se procede en primer lugar a su neutralización mediante la adecuada dosificación de reactivos. Una vez neutralizados son bombeados hasta la balsa de decantación, para ser tratados conjuntamente con los vertidos procedentes del lavado de filtros.

– Conducción de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para un caudal de rechazo de 1,875 m³/s y un diámetro de 1800 mm, que discurre desde la planta de tratamiento del agua de lavado hasta el punto de vertido situado a 1.190 metros en las proximidades de la Cala de los Borrachos. En esta conducción, el flujo se consigue por gravedad no siendo necesario ningún bombeo.

– Obra de vertido en la Cala de los Borrachos, consistente una arqueta que provoca un vertido sumergido con difusión mediante escollera. ■