




Desaladora de Beni Saf (Argelia)

The Beni Saf Desalination Plant (Algeria)





Un consorcio español lidera el proyecto de esta desaladora con capacidad para aportar 200.000 m³/día de agua de calidad

A Spanish consortium leads the project for this desalination plant with a capacity of 200,000 m³/day of quality water

El pasado año se completó la puesta en marcha de la desaladora de Beni Saf (Argelia), diseñada para producir 200.000 m³/día de agua de calidad para cubrir las necesidades hídricas de una población de 750.000 personas procedentes de la región de Orán y zonas limítrofes.

Beni Saf Water Company Spa, sociedad participada por el consorcio español Geida (formado actualmente por las compañías del Grupo ACS, Cobra y Tedagua) en un 51% y por la empresa del gobierno argelino AEC (Algerian Energy Company) en un 49%, fue la adjudicataria de una licitación internacional convocada por el gobierno argelino para el diseño, construcción y explotación durante 25 años de esta importante infraestructura.

La inversión realizada ascendió aproximadamente a 200 millones de dólares, financiados a cargo del Banque Extérieure d'Algérie.

El proyecto de la desaladora de agua de mar de Beni Saf forma parte del amplio programa de desalación emprendido por el gobierno argelino para proporcionar a este país un recurso estable de agua de calidad y a la vez permitir la recuperación del nivel freático de sus fuentes naturales de agua.

Tedagua S.A. actuó como contratista principal en la fase de diseño y construcción de la planta, dentro de la UTE Desaladora Beni Saf Construcción, pasando posteriormente a ser la empresa responsable de su explotación y mantenimiento, labor que desempeña actualmente.

The Beni Saf (Algeria) desalination plant went into operation last year. The facility is designed to produce 200,000 m³/day of quality water to cover the needs of a population of 750,000 from the region of Oran and neighbouring areas.

Beni Saf Water Company Spa, a company 51%-owned by Spanish consortium Geida (currently comprising Grupo ACS companies, Cobra and Tedagua) and 49%-owned by Algerian public company AEC (Algerian Energy Company) was the successful bidder in an international tender held by the Algerian government for the design, construction and management for 25 years of this important infrastructure.

Total investment amounted to approximately \$ 200 million and the project was financed by the Banque Extérieure d'Algérie.

The Beni Saf seawater desalination plant forms part of a large desalination program undertaken by the Algerian government for the purpose of providing the country with a stable quality water resource, whilst at the same time facilitating the recovery of the water table of its natural water sources.

Tedagua S.A., as part of the Desaladora Beni Saf Construcción consortium, was the main contractor for the design and construction stages of the plant and subsequently assumed responsibility for its current task of management and maintenance of the facility.

La desaladora de Beni Saf, con capacidad para abastecer 200.000 m³/día de agua potable de calidad a la población argelina, comprende las siguientes unidades principales:

CAPTACIÓN Y BOMBEO DE AGUA DE MAR

Toma de agua bruta

La captación de agua marina se efectúa de forma directa mediante una estructura de hormigón o torre de toma situada a aproximadamente 1,2 km de la costa.

Desde ésta parte un inmisario submarino consistente en una tubería de polietileno de 2.400 mm de diámetro, que conduce el agua de mar hasta el edificio de captación de la desaladora. Este edificio consta de una cántara y de una sala de bombeo.

Pre-filtración

Con el objetivo de evitar la entrada de algas u otros elementos gruesos presentes en el agua de mar, en la cántara de captación se han instalado 2 unidades de filtración compuestas por una reja extraíble y una rejilla móvil cada uno. La primera tiene como función proteger a la segunda ante el impacto de elementos de gran tamaño.

El agua resultante del lavado de las rejillas móviles se impulsa hacia la tubería de vertido de salmuera por medio de 2 bombas de evacuación, las cuales están situadas en un foso que recoge el agua filtrada por una cesta de recogida de residuos.

Pre-cloración

El edificio de captación alberga también los equipos destinados a la desinfección del agua bruta:

- 2 depósitos horizontales para almacenamiento de hipoclorito sódico suministrados por Bupolsa. Tienen 65.000 l de capacidad, 3,4 m de diámetro y están fabricado con resina vinilester de alta calidad para soportar temperaturas de hasta 40 °C. Las



SEAWATER COLLECTION AND PUMPING

Raw water intake

Seawater collection is carried out directly by means of a concrete intake tower situated at approximately 1.2 km from the coast. A sodium hypochlorite dosing line is connected to the intake tower to enable shock dosing to be carried out on the raw water.

An undersea intake consisting of a polyethylene pipeline of 2,400 mm in diameter extends from the intake tower. This takes the seawater to the pumping chamber from which it is suctioned by the seawater pumps.

To prevent the intake of algae and other large elements present in seawater, the chamber is fitted with 2 filtration units, each made up of a removable grille and a moving grid.

The 11 (10+1standby) horizontal centrifugal seawater pumps are made of super duplex steel alloy and have a capacity of 1,800 m³/h at 6 bar. The pipes from these pumps converge in a common GRP pipeline of 1,800 mm in diameter, through which the water is sent to the process area.

PRE-TREATMENT

The seawater pre-treatment stage ensures the optimal physical and chemical properties of the feedwater entering the reverse osmosis racks. Pre-treatment consists of the following stages:

Coagulation

Prior to entering the sand filter system, the water is dosed with a coagulant (ferric chloride) to prevent a high silt density index (SDI).

Sulphuric acid dosing

Sulphuric acid is also added to the seawater before the sand filter stage to condition the pH



cunas sobre las que descansan los depósitos son de acero galvanizado.

- Bombas dosificadoras de la marca Milton Roy.

La adición de este reactivo se efectúa en la propia torre de toma en dosis de choque. También existe la posibilidad de dosificar hipoclorito sódico en la cántara.

Bombeo de agua bruta

Una vez sometida a este primer pretratamiento físico y químico, un total de 11 (10+1R) bombas Sulzer aspiran el agua desde la cántara y la bombean hasta la planta.

Se trata de bombas centrífugas horizontales fabricadas en acero aleado superdúplex y diseñadas con capacidad para 1.800 m³/h a 6 bar.

Debido a que estas bombas están situadas por encima del nivel del mar, es necesario cebar las tuberías de aspiración antes del arranque de las mismas. Para ello se dispone de 2 (1+1R) equipos de cebado que permiten cebar la tubería de aspiración de cada bomba en menos de 1,5 minutos.

Sistema de tuberías

Las tuberías de las citadas once bombas confluyen en un colector común de PRFV y 1.800 mm de diámetro, que conduce el agua hacia la zona de proceso.



Como protección contra las sobrepresiones del sistema se cuenta con 2 depósitos anti-riete de 50.000 l de capacidad unitaria, que están conectados al colector de descarga en la zona de la cántara de captación.

El colector de llegada se divide en 2 líneas, cada una de las cuales abastece a un tren de filtros (cada tren se compone de 24 filtros de arena, 14 filtros de antracita y 10 filtros de cartuchos). Posteriormente vuelven a unirse en un único colector de 1.800 mm de diámetro con destino a la nave de ósmosis inversa.

La empresa Moplas se encargó de la ingeniería, diseño, fabricación, suministro, premontaje, montaje y pruebas de las tuberías de PRFV de la planta, así como de su asistencia en la puesta en marcha de la misma.

PRETRATAMIENTO

El pretratamiento del agua de mar garantiza las condiciones óptimas del agua de alimentación a los bastidores de ósmosis inversa, tanto desde el punto de vista de sus propiedades químicas como físicas. Incluye las siguientes fases:

- Coagulación
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Filtración de arena
- Filtración de antracita
- Dosificación de anti-incrustante
- Adición de bisulfito sódico
- Filtración de cartuchos

Coagulación

Previamente a la entrada del agua al sistema de filtración de arena se lleva a cabo la dosificación de un coagulante (cloruro férrico) como medida de seguridad contra un alto índice de atascamiento (SDI), dado que permite coagular los coloides y materia en suspensión, de forma que puedan ser retenidos en los filtros.

Por otra parte, destacar que aguas arriba de los filtros de arena (en el sistema de captación y bombeo) se ha colocado un mezcla-



dor estático con el fin de facilitar la mezcla del agua con los productos químicos dosificados, y favorecer así la floculación de la materia en suspensión.

Dosificación de ácido sulfúrico

Antes de los filtros de arena también se adiciona ácido sulfúrico al agua de mar a fin de acondicionar el pH y evitar la precipitación de carbonatos y bicarbonatos en las membranas. Además, este reactivo hace posible la generación de suficiente CO_2 para la remineralización posterior del agua producto en las torres de calcita.

Filtración de arena

El sistema de filtración de arena está configurado en base a 2 trenes de filtración idénticos, con capacidad cada uno de ellos para filtrar el 50% del agua necesaria. A su vez, cada tren incluye 24 filtros horizontales cerrados agrupados en 12 módulos, los cuales operan como uno solo, con colectores y válvulas comunes.

Estos filtros están fabricados en acero al carbono, revestidos en su interior con una capa de neopreno de 3 mm de espesor y pintados en su exterior con una pintura específica para ambiente salino.

Los filtros están diseñados para una presión de trabajo de 6 bar, tienen un diámetro de 3,7 m y una longitud cilíndrica de 11 m, lo que da una superficie útil de 42,88 m².

El medio filtrante para retener los sólidos en suspensión es arena silíceo de dos granulometrías diferentes (bicapa), donde el lecho de arena más gruesa (capa soporte) se dispone en la parte inferior del filtro y el de arena más fina (capa filtrante) ocupa la parte superior del filtro. Esta última es la que retiene las partículas finas.

Adicionalmente, los filtros disponen de una placa que soporta el lecho filtrante, en la que van montadas 2.144 boquillas filtrantes de polipropileno. Estas boquillas se encargan de la recogida del agua filtrada y también de la distribución del agua y aire de contra-lavado.

Filtración de antracita

El sistema de filtración de antracita también está constituido por 2 trenes de filtración, formados por 7 módulos de 2 filtros cada uno, lo que hace un total de 28 filtros de antracita.

La antracita actúa como adsorbente con una gran eficiencia en la retención de microcontaminantes, eliminando o catalizando a formas reducidas inofensivas las concentraciones residuales de agentes oxidantes como cloro y ozono, y otros derivados cancerígenos.

También permite retener la materia orgánica, algas, pesticidas y en general todos los compuestos que causan problemas de olor y sabor en las aguas destinadas al abastecimiento humano.

Estos filtros están fabricados en los mismos materiales y con las mismas dimensiones que los filtros de arena y también disponen del mismo número de boquillas para la distribución de agua y lavado de los mismos. Del suministro de todos ellos se encargaron las empresas Socomenin y Talleres Mac; cada una entregó 24 filtros de arena y 14 filtros de antracita.

Lavado de los filtros

Los filtros de arena y de antracita son sometidos periódicamente a un lavado con aire y agua. El aire lo suministran 3 soplantes Mapner con un caudal unitario de 2.035 Nm³/h y el agua es conducida desde la balsa de salmuera por 3 bombas centrífugas de 814 m³/h.



Dosificación de anti-incrustante y bisulfito sódico

Tras los filtros de arena y antracita, y antes de la llegada del agua a los filtros de cartuchos, se lleva a cabo la dosificación de un anti-incrustante para evitar la precipitación de sales sobre la superficie de las membranas.

También se dosifica bisulfito sódico (con posibilidad de añadirlo antes de los filtros de arena) para eliminar el cloro residual y prevenir así la oxidación de las membranas.

Filtración de cartuchos

La última fase del pretratamiento es una filtración de seguridad con 20 filtros de cartuchos verticales suministrados por ITT Water & Wastewater España, cuya función es retener las partículas de menor tamaño que pueden dañar los equipos posteriores. Estos filtros se encuentran distribuidos en 2 trenes idénticos.



Se trata de filtros fabricados por la empresa Bulpolsa en PRFV, de 3.400 l de capacidad, 1,36 m de diámetro interno y 1,9 m de altura total. Trabajan a 4 bar de presión, circulando por ellos un caudal de alrededor de 2 m³/s con placas deflectoras en la entrada del filtro.

Cada filtro contiene 380 cartuchos tipo PP-5, con un diámetro exterior de 61 mm y una longitud de 1.270 mm, lo que da una superficie filtrante total de 0,24 m². El poder de corte es de 5 micras.

ÓSMOSIS INVERSA

La desaladora de Beni Saf garantiza la producción de 200.000 m³/día de agua potable a través de sus 10 módulos o trenes de ósmosis inversa con un factor de conversión del 47%. También es posible producir un mínimo de 20.000 m³/día (con 1 tren en funcionamiento) y los caudales intermedios entre 20.000 y 200.000 m³/día en escalones de 20.000 m³/día.

La ósmosis inversa tiene lugar en los bastidores de membranas, donde el agua de mar pretratada debe llegar a una determinada presión. Para lograrlo, este caudal (a una presión baja) se separa en dos corrientes que se presurizan por distintos procedimientos antes de unirse nuevamente en el colector de entrada a la ósmosis inversa. Así, una parte del caudal procedente de los filtros (equivalente al caudal de agua producto) es impulsada directamente por las bombas de alta presión, mientras que otra parte (equivalente al caudal de rechazo) se introduce en las cámaras de intercambio de presión.

Las tuberías de proceso están dimensionadas y fabricadas en distintos materiales según la presión y el tipo de agua que contengan. En general, las que contienen agua de mar o salmuera a alta presión están realizadas en acero inoxidable superdúplex, mien-

and prevent the precipitation of carbonates and bicarbonates on the membranes. This reagent also makes it possible to generate sufficient CO₂ for subsequent remineralisation in the calcite towers.

Sand filtering

The sand filter system is based on two identical filter trains, each with the capacity to filter 50% of the required water. Each train comprises 24 enclosed horizontal filters grouped in 12 modules. These modules operate in unison and have common pipes and valves.

The filters are designed for a working pressure of 6 bar. They have a diameter of 3.7 m and a cylindrical length of 11 m, giving a total useful surface area of 42.88 m². The filter media is silica sand of two different grain sizes (double-layer).

Anthracite filtration

The anthracite filtration system also comprises 2 filtration trains, each made up of 7 modules with 2 filters each, giving a total of 28 anthracite filters.





tras que las destinadas a vehicular agua de mar o salmuera a baja presión son de PRFV.

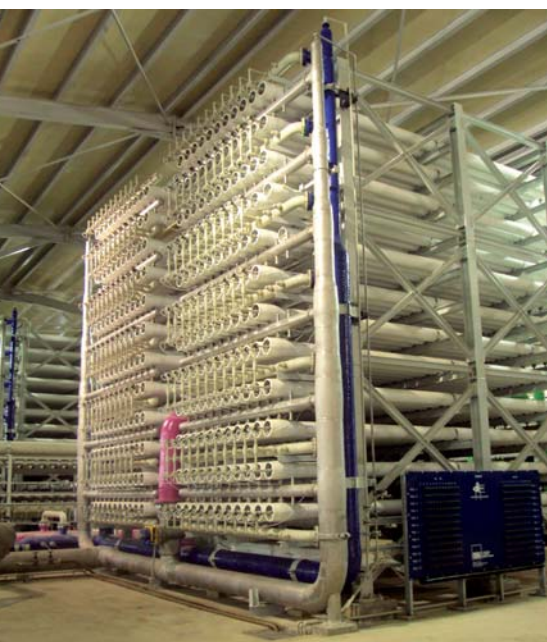
En lo que respecta a las válvulas de retención tanto para altas como para bajas presiones, Castflow Valves S.L. suministró sus válvulas de retención de doble clapeta fabricadas bajo normas API594 y DIN3202, con diámetros desde DN50 hasta DN600 y en presiones de ANSI 150-600. Para el agua de mar se fabricaron los cuerpos, platos y ejes en superdúplex calidad Zeron 100 e inonel 625 para los resortes, mientras que para el permeado se utilizó acero inoxidable CF-3M (Aisi 316L).

Bombeo de alta presión

En la planta se han instalado 11 (10+1R) bombas centrífugas horizontales multietapa de la firma Sulzer, de 863,12 m³/h de caudal nominal a 631 mca.

El cuerpo de las bombas es de acero aleado superdúplex ASTM A890 Gr1C. El eje es de acero aleado superdúplex UNS S32760.

Estas bombas de alta presión trabajan conectadas mediante un acoplamiento flexible a un motor ABB de 2.000 kW.



Recuperación de energía

El sistema de recuperación de energía elegido para esta planta ha sido el de las cámaras de intercambio de presión de la compañía Energy Recovery Inc. (ERI). En concreto, cada tren de OI incluye 22 intercambiadores de presión modelo PX-220.

En el interior de las cámaras tiene lugar un proceso mecánico por el cual la salmuera de rechazo de las membranas de ósmosis inversa transfiere la práctica totalidad de su presión (más de un 97%) al agua de mar. La salmuera de baja presión resultante se envía al colector de salmuera.

Bombeo de recirculación

El intercambio de presión en el interior de las cámaras no es suficiente para garantizar la presión a la entrada de las membranas de OI, por lo que se requiere aportar una presión adicional que compense las pérdidas de carga en las tuberías del circuito de recirculación y en el interior de las propias cámaras. Por este motivo se dispone de una segunda etapa de bombeo, basada en la colocación de una bomba de recirculación por cada uno de los diez módulos de OI (más una de reserva), equipadas con variador de frecuencia.

Estas bombas, suministradas también por Sulzer, son bombas centrífugas, horizontales y mono-etapa, cuya caudal nominal es de 911 m³/h a 75 mca. Están equipadas como motor ABB de 200 kW de potencia.

El cuerpo de las bombas es de acero aleado superdúplex ASTM A890 Gr5A. El eje es de acero aleado superdúplex A275 TPS32760.

La regulación del sistema de bombeo a ósmosis y recuperación de energía consiste principalmente en una regulación de caudal que se traduce en la regulación de 3 circuitos independientes: la línea de producción de permeado, la línea de recirculación y la línea de descarga de salmuera.

Bastidores de ósmosis inversa

Como ya se ha comentado, la desaladora cuenta con 10 bastidores de ósmosis inversa capaces de albergar 288 tubos de presión cada uno. No obstante, para la capacidad de producción prevista sólo ha sido necesario instalar 246 tubos más 18 de reserva.

Los tubos de presión utilizados son los del fabricante Protec Arisawa (suministrados a través de su representante Coben Enterprises, S.L.). Su longitud es de 7,661 m y su diámetro de 8". Son tubos de PRFV, con dos conexiones laterales tipo en material



Filter cleaning

The sand and anthracite filters undergo periodic cleaning with air and water. The air is supplied by 3 blowers with a unitary flow of 2,035 Nm³/h and the water is sent from the brine pond by 3 centrifugal pumps of 814 m³/h.

Anti-foulant and sodium bisulphite dosing

Subsequent to sand and anthracite filtering and before the water is sent to the cartridge filters, anti-foulant dosing is carried out to prevent the precipitation of salts on the surface of the membranes. Sodium bisulphite dosing also takes place to remove residual chlorine, thereby preventing oxidation of the membranes (it is also possible to add sodium bisulphite prior to the sand-filtering stage).

Cartridge filtration

The final phase of pre-treatment consists of safety filtration by means of 20 vertical GRP cartridge filters, distributed in 2 identical trains. Each filter contains 380 cartridges with an external diameter of 61 mm and a length of 1,270 mm, giving a total filter surface area of 0.24 m². The passage size is 5 microns.

REVERSE OSMOSIS

The Beni Saf desalination plant offers a guaranteed production of 200,000 m³/day of drinking water by means of 10 reverse osmosis modules or trains with a conversion factor of 47%.

Reverse osmosis takes place in the membrane racks and the pre-treated seawater must be sent to these racks at a certain pressure. To achieve this, the flow (at a low pressure) is divided into two streams, which are then pressurised by different procedures before they come together once again in the reverse osmosis feeder pipeline. In this way, part of the flow from the filters (equivalent to the flow of product water) is



superdúplex para la entrada de agua de mar y salida de salmuera de rechazo, y una conexión frontal NPT para la salida de permeado.

Coben Enterprises, a través de su representante MTS Valves and Technology, suministró también las válvulas de macho en superdúplex A890 Gr5A para la línea de alta presión.

Con respecto a las membranas, se trata del modelo SWC5 de Hydranautics, cuyo porcentaje de rechazo de sales es superior al 99,7%.

Sistema de limpieza química de las membranas

Con la finalidad de eliminar el ensuciamiento progresivo acumulado en las membranas como consecuencia de los largos periodos de funcionamiento de las mismas, se dispone de un sistema de limpieza química consistente en hacer pasar una solución química de limpieza a través de los módulos de OI.

Esta solución es diferente según la naturaleza de dicho ensuciamiento (compuestos orgánicos o inorgánicos, incrustaciones de sales minerales, trazas de materiales oxidantes, etc.). Para su preparación se dispone de un depósito vertical con base plana de 100.000 l de volumen, 4 m de diámetro y con una temperatura del producto en su interior de aproximadamente 35 °C. Este modelo suministrado por Bupolsa posee 15 bridas de conexión taladradas según distintas normas DIN 2527 y ANSI B16.5.

El efluente del lavado de las membranas se evacua junto con la salmuera de rechazo, previo paso por un tratamiento de neutrali-



zación consistente fundamentalmente en la dosificación de ácido sulfúrico y sosa.

Sistema de desplazamiento de las membranas

El sistema de desplazamiento de las membranas se activa automáticamente cuando se para el tren de ósmosis inversa por cualquier motivo (avería, revisión de algún equipo, etc.).

En este caso se utiliza una corriente de agua permeada procedente del tanque de almacenamiento de agua osmotizada para hacerla circular por el interior de los tubos de presión, llevando a cabo un barrido de las sales depositadas sobre las membranas.

REMINERALIZACIÓN

El post-tratamiento o acondicionamiento del agua desalada consiste en hacer pasar este efluente a través de 10 torres de calcita y posteriormente esterilizar el agua producto con hipoclorito sódico. La calcita es la encargada de aportarle al agua las características de pH y alcalinidad adecuadas para el consumo humano.

Cada torre está formada por una estructura de hormigón con un soporte sobre el cual se distribuyen las boquillas de entrada al lecho de calcita.

El tiempo de contacto mínimo a través del lecho es de 10 minutos, de manera que la velocidad de paso del agua es de 15 m/h aproximadamente. El agua fluye con sentido ascendente hasta que finalmente cae por rebose al tanque de agua producto.

En cuanto al hipoclorito sódico, se almacena en un depósito horizontal, suministrado igualmente por Bupolsa, de 125.000 l de capacidad, 4 m de diámetro y 11,6 m de longitud.

ALMACENAMIENTO E IMPULSIÓN DE AGUA PRODUCTO

El agua desalada y ya potabilizada se almacena en un depósito de agua producto de 5.000 m³ de capacidad útil.



directly pumped by the high pressure pumps, while the other part (equivalent to the reject flow) is sent to the pressure exchange chambers.

The process pipelines are of different sizes and made of different materials in accordance with the pressure and type of water they carry. In general, pipes for seawater or brine at high pressure are manufactured in super duplex stainless steel, while those carrying seawater or brine at low pressure are made of GRP.

High pressure pumping and energy recovery

11 (10+1 standby) horizontal multi-stage centrifugal pumps are installed at the plant. These have a nominal flow of 863.12 m³/h at 631 wcm and are fitted with a 2,000-kW engine.

Each RO train has 22 pressure exchangers for the purposes of energy recovery. A mechanical process takes place within the pressure exchangers whereby the reject brine from the reverse osmosis racks transfers practically all its pressure (over 97%) to the seawater. The resulting low-pressure brine is sent to the brine pond.

Recirculation pumping

The exchange of pressure inside the chambers is insufficient to guarantee the required feed-in pressure to the reverse osmosis membranes. There is, therefore, a second pumping stage consisting of a recirculation pump fitted with a frequency converter for each of the ten RO modules (plus one standby pump).

These horizontal, single-stage, centrifugal pumps have a nominal flow of 911 m³/h at 75 wcm and are fitted with 200-kW engines.

Reverse osmosis racks

As mentioned above, the desalination plant has 10 reverse osmosis racks, each with the capacity to house 288 pressure tubes. However, for current production requirements, it was necessary only to install 246 vessels and 18 standby vessels per rack.

Un año de explotación de la desaladora de Beni Saf

El pasado mes de mayo se cumplió el primer aniversario de la puesta en funcionamiento de la desaladora de Beni Saf (Argelia).

En este primer año de explotación se ha conseguido una producción diaria ininterrumpida de 200.000 m³ de agua potable y el difícil objetivo de mantener la planta trabajando las 24 horas del día durante 355 días a un rendimiento del 100%. Todo esto demuestra la eficacia de la tecnología implantada y el buen trabajo desarrollado por el equipo de ingenieros de Tedagua, empresa responsable de su explotación y mantenimiento durante 25 años.

En la planta trabajan unas ochenta personas, la mayoría de nacionalidad argelina y formadas por personal español, y cada una con su cometido y responsabilidad sobre una parte del complejo sistema de funcionamiento integral. El personal se reparte entre los diferentes departamentos aplicados a la explotación y mantenimiento; áreas como proceso, mecánica, electricidad e instrumentación, electrónica y DCS, conservación exterior y parque móvil, oficina técnica y administración. Cada uno de ellos está liderado por ingenieros argelinos que actúan como mando intermedio frente al resto de la plantilla. La tarea diaria es mantener la salud de la planta, sin olvidar vigilar valores muy importantes como alineación, vibración, temperatura e infinidad de niveles y alarmas que hacen que el sistema se mantenga estable y fuera de peligro.

Las dificultades intrínsecas de su funcionamiento hacen necesaria la intervención y apoyo de prestigiosas firmas industriales externas, que realizan el mantenimiento preventivo más especializado, y

que con el ajuste temporal planificado evitan el desgaste prematuro de los equipos; además con un importante factor añadido, el encontrarse inmersas en un ambiente muy agresivo como es la salinidad. Debido a esto último también es necesario mantener un plan de choque continuo contra el óxido y la corrosión, e intentar controlar la humedad ambiental conteniendo fugas y escapes normales en plantas como ésta, donde las presiones hidráulicas llegan a alcanzar valores de más de 70 bar.

La tecnología aplicada es acertada en cuanto al rendimiento obtenido. El diseño y construcción en su mayor parte con un sistema redundante, permite poder actuar en tareas de mantenimiento de corta duración sobre determinadas partes del proceso sin reducir el número de m³ de agua potable producida al final de cada jornada. Todo ello gracias a que un diseño sobredimensionado permite trabajar en momentos puntuales a mayor producción que los 200.000 m³/día teóricos, para compensar los tiempos y rendimientos perdidos en las tareas antes mencionadas.

Una planta industrial de esta envergadura se encuentra diariamente inmersa en una constante demanda de piezas y recambios que garanticen su continuidad. En este caso, el estar en Argelia, fuera del mercado europeo, hace mucho más difícil la tarea de importación definitiva de dichos elementos, lo que obliga a anticiparse unos meses a la planificación normal para compensar este tiempo de trámites aduaneros y de transporte. El departamento de compras de la central de Tedagua en Madrid es quien se encarga de todo lo que se necesita ex-

portar a Argelia desde EE.UU. o Europa, dejando las compras de material disponible en Argelia al propio departamento de compras en planta. La coordinación en el sistema de envíos, su seguimiento y una fluida tarea con la administración del país hacen posible que se cubran los requerimientos con tiempo suficiente.

La economía generada directa e indirectamente en torno a este proyecto contribuye también a beneficiar a pequeñas, medianas y grandes empresas del país con todo lo demandado para el funcionamiento del mismo. El volumen anual de compras es de alrededor de 5 M\$, lo que permite trabajar con una amplia gama de productos y proveedores que hacen los precios mucho más competitivos para la gestión de la planta.

Por lo tanto, la puesta en marcha de esta nueva planta ha supuesto una oportunidad para la región en términos de desarrollo económico y también del empleo. El número de puestos de trabajo creados a espaldas de este proyecto industrial de forma directa e indirecta alcanza los 300 empleados en esta etapa de explotación y mantenimiento, siendo un 33% de los mismos empleados directamente por Cobra Argelia (empresa del grupo) y el resto en temporalidad a cubrir durante el año para mantenimientos y paradas programadas.

En este balance de lo que ha sido el primer año de explotación de la desaladora de Beni Saf, es importante hacer mención sobre la primera parada industrial programada para el pasado mes de mayo, de diez días de duración (el tiempo que permite el contrato de Tedagua con su cliente). Durante la misma se realizaron las acciones correctivas que por imposibilidad de ejecución no pueden realizarse con la planta en marcha. En dicho periodo intervinieron las empresas especializadas de Argelia vinculadas con el equipamiento, que a lo largo de 2011 han suscrito convenios y acuerdos de mantenimiento preventivo y correctivo para intervenir de forma planificada o de urgencia dada la necesidad. Consiguiendo, en un periodo de 48 horas tras la pa-



rada, exportar el 100% de la producción.

La apuesta de Tedagua por una explotación y mantenimiento de calidad contribuyó a la firma de acuerdos con universidades y empresas del país, las cuales de forma programada hacen recalar a estudiantes y trabajadores entre el personal para contribuir con su periodo de formación y capacitación.

El respeto por el medio ambiente es otro de los aspectos que se vigilan a diario. Los ingenieros del laboratorio en planta trabajan en la verificación de los niveles de captación, exportación y rechazo. Estos valores son contrastados semanalmente por laboratorios químicos del país elegidos por el cliente. De sus informes se desprende fehacientemente la no alteración del medio natural y los excelentes resultados del agua exportada para el consumo humano.

Por último, es destacable la contribución tecnológica del gobierno de Argelia, en cuanto al tendido e instalación de redes eléctricas de abastecimiento exclusivas para esta planta. Esto ha hecho posible conseguir una producción anual de récord y sin incidencias, y sin duda demuestra el nivel de relevancia de este proyecto para el país, marcado por la escasez y necesidad hídrica previas a la construcción de la desaladora.



Para su impulsión se dispone de 11 (10+1R) bombas del fabricante Ercole Marelli instaladas en paralelo, cada una de ellas con capacidad para extraer el caudal producido por un tren (es decir, un 10% de la capacidad total de la planta: 843 m³/h).

Las líneas de descarga de cada una de las bombas, que disponen de una válvula de regulación de la presión, se unen en un colector común hasta el punto terminal de suministro del agua potable.

EVACUACIÓN DE SALMUERA

La salmuera de rechazo de las membranas es conducida al mar por medio de un emisario de 1.800 mm de diámetro, hasta el difusor instalado a 600 m de la línea de costa y a una profundidad de 8 m. La fabricación del citado emisario corrió a cargo de PPA&Krah.

A la hora de diseñar la desaladora de Beni Saf, se prestó especial atención en la selección de la zona de descarga de la salmuera con el fin de minimizar la afección de este vertido sobre el entorno.

Así, se optó por una zona caracterizada por fuertes corrientes que garantizan una dispersión y difusión rápida de la salmuera, limitando de esta manera el impacto sobre las praderas marinas de la fanerógama *Cymodocea*.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La potencia de acometida de 220 kV se transforma a 6 kV mediante 2 transformadores principales de 24 MVA cada uno, en la subestación eléctrica.

Para su uso en el interior de la planta, la energía eléctrica se transforma a 420 V o a 230 V, con un total de 8 transformadores de potencia que suman aproximadamente 8 MVA.

Como dato, citar que el consumo eléctrico estimado de la desaladora es de 4,15 kWh/m³.



SISTEMA DE CONTROL

La operación de la planta desaladora está completamente automatizada gracias a un sistema de control de la compañía Yokogawa.

La operación de todos los sistemas está sincronizada y comandada a través de un PLC que se supervisa y se opera mediante un sistema SCADA desde la sala de operación y control por medio de 4 monitores.

La empresa Telko fue la encargada de realizar y acometer la instalación completa del proyecto de telecomunicaciones. Se emplearon diferentes tipos de cableados dependiendo de cada situación, combinándose así fibra óptica, cable Cat6, audio y otros para dar servicio a los distintos sistemas de telefonía, red de datos y megafonía.

EDIFICACIÓN

La desaladora tiene dos zonas diferenciadas y aisladas entre sí, que corresponden a la captación y bombeo de agua bruta y a los edificios de producción y bombeo de agua potable. Ambas áreas están separadas unos 1.200 m, estando la primera a 170 m del mar.

Dentro del edificio de producción, junto a la zona de oficinas, se ha instalado un laboratorio con todo el equipamiento necesario para el control de la calidad del agua de entrada -con el objetivo de efectuar las dosificaciones adecuadas de reactivos- y salida -para verificar que el agua producto cumple con los valores garantizados en cuanto a pH, contenido de cloro y conductividad-.

Ingecal Ingenieros, S.L., a petición de Empresarios Agrupados, S.A., realizó el proyecto constructivo de cimentación y estructura del edificio de los depósitos de producto y edificio metálico de bombas adjunto.

La firma Frizonia fue responsable de la realización del sistema HVAC (ventilación, calefacción y aire acondicionado) de la planta, incluyendo el desarrollo de ingeniería, suministro de equipos y puesta en marcha del sistema.

Las fotos de este reportaje son cortesía de Tedagua, S.A. y Moplas.

The pressure tubes have a length of 7.661 m and a diameter of 8". They are manufactured in GRP, with two lateral connections made of super duplex steel for the intake of seawater and the outflow of reject brine, and a frontal NPT connection for the outlet of the permeate.

The membranes have a salt rejection rate of over 99.7%.

Membrane chemical cleaning and displacement system

A chemical cleaning system is in place to eliminate the accumulated dirt that collects on the membranes over long periods of use. This consists of passing a chemical solution through the RO modules.

The displacement system is automatically activated when the reverse osmosis train is stopped for any reason. A stream of permeated water circulates inside the pressure vessels to sweep away the salts deposited on the membranes.

REMINERALISATION

Post-treatment or conditioning of the desalinated water consists of passing this effluent through 10 calcite towers and then sterilising the water with sodium hypochlorite. The calcite gives the water appropriate pH characteristics and alkalinity for human consumption.

STORAGE AND PUMPING OF PRODUCT WATER

The desalinated water, now suitable for drinking, is stored in a product water tank with a useful capacity of 5,000 m³.

For the pumping of this water, the plant is fitted with 11 (10+1standby) pumps installed in parallel. Each has the capacity to extract the water produced by a single RO train (i.e., 10% of total plant capacity: 843 m³/h).

BRINE EVACUATION

The reject brine from the membranes is sent to the sea by means of an outfall of 1,800 mm and a diffuser installed 600 m from the coastline at a depth of 8 m.





TRATAMIENTO TERCIARIO EDAR ALTONA
(Melbourne – Australia)
Caudal de diseño: 9.000 m³/d

IDAM BENI SAF (ARGELIA)
Caudal de diseño: 200.000 m³/d



EDAR TABOADA (PERÚ)
Caudal de diseño: 1.209.600 m³/d



tedagua

Soluciones Integrales
para Tratamientos de Aguas

Oficinas Centrales:
C/Cardenal Marcelo Spínola, nº 10
28016 Madrid Spain
Tel.: +34 91 456 95 00
central@tedagua.com

Técnicas de Desalinización de Aguas S.A.
www.tedagua.com

Domicilio Social:
El Procesador, 19
(Pol. Ind. de Jinámar)
35220 Telde (Las Palmas) Spain
Tel: +34 928 710 475