

REPORTAJE

PLANTA DESALADORA DE ÓSMOSIS INVERSA BARKA V. OMÁN

GS Inima

ESTA INSTALACIÓN, PUNTERA A NIVEL TECNOLÓGICO, PERMITE LA PRODUCCIÓN DE 100.000 M³ DE AGUA POTABLE AL DÍA BAJO CRITERIOS DE MÁXIMA EFICIENCIA, CONSTITUYENDO LA MEJOR SOLUCIÓN PARA GARANTIZAR EL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN.

En los últimos 23 años, el Gobierno de Omán ha llevado a cabo con éxito un programa de reestructuración y desarrollo de la participación del sector privado en el sector de la electricidad y el agua en Omán. En este contexto, Oman Power and Water Procurement Company (OPWP) llevó a cabo un proceso de licitación internacional para el diseño, construcción, propiedad, financiación, pruebas, puesta en marcha, operación y mantenimiento de una instalación de desalinización de alta eficiencia con una capacidad de 100.000 m³ por día (22 MIGD) de producción de agua potable en Barka, basada en la tecnología de ósmosis inversa de agua de mar (SWRO).

El emplazamiento de Barka V IWP, seleccionado por la Oman Power and Water Procurement Company (OPWP), es una zona costera situada en la región capital de Barka, en la región sur de Al Batinah, en el Golfo de Omán.

El área ocupada es una zona en forma de L situada entre las plantas Barka II y Barka III y tiene aproximadamente 7 hectáreas que proporcionan superficie suficiente para la implantación de la planta Barka V. La planta ocupa aproximadamente una superficie de 35.500 m².

ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto incluye el BOO (*build, own, operation*) de una instalación de desalación de alta eficiencia basada en la tecnología de ósmosis inversa de agua de mar. De ahí nace el Proyecto BARKA V con una capacidad de 100.000 m³ (22MIGD) diarios de producción de agua potable en condiciones nominales y 105.000 m³ diarios en periodos de exigencia.

La planta desalinizadora se diseñó teniendo en cuenta los requisitos de OPWP en cuanto a calidad del agua producto, minimización del impacto ambiental y mejora de la sostenibilidad, optimización del consumo de energía y eficiencia energética y garantía de disponibilidad de la planta.

Barka V es la solución más adecuada y eficaz después de considerar las características regionales del agua de mar, el rango de variación histórica de los parámetros del agua de mar, diseñando y dimensionando el proceso y cada unidad de tratamiento para garantizar la capacidad de agua requerida y absorber cualquier variación en las condiciones del agua de mar, y cumplir con los requisitos de calidad y cantidad en el agua producto.

Para el diseño de la solución técnica se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

LA PLANTA DESALINIZADORA SE DISEÑÓ TENIENDO EN CUENTA LOS REQUISITOS DE OPWP EN CUANTO A CALIDAD DEL AGUA PRODUCTO, MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD, OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GARANTÍA DE DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA

- Optimización del diseño y el funcionamiento para minimizar el coste por metro cúbico.
- Diseño del proceso que toma en cuenta las características topográficas y geotécnicas del emplazamiento y la secuencia lógica del tratamiento para minimizar los costes de explotación y mantenimiento.
- Minimizar el impacto medioambiental y visual de la planta mediante el diseño de un trazado sostenible, incluidos todos los edificios y las principales zonas de trabajo. Se prestó especial atención a la ergonomía y facilidad de manejo de la planta.
- Equipos de alta calidad, sistemas y procesos de alta eficiencia, equilibrando la relación calidad-precio estándar para este tipo de proyectos, los elevados requisitos del agua producida y la variabilidad esperada del agua de mar bruta.
- Garantía de al menos el 95% de la disponibilidad media anual, tal y como se exige en las especificaciones mínimas de funcionamiento.

ASPECTOS TÉCNICOS

La planta desalinizadora Barka V fue diseñada para proporcionar plena ca-



pacidad con la calidad requerida teniendo en cuenta las condiciones específicas del agua de mar en la región, los fenómenos de floración de algas y marea roja que es probable que se produzcan periódicamente, y la optimización de los 20 años de operación y mantenimiento previstos.

El diseño de la planta y los edificios

relacionados se desarrollaron centrándose en la combinación de la idoneidad y eficiencia operativa y la minimización del impacto ambiental y visual. Las principales instalaciones de la planta son:

- Sistema de entrada de agua de mar
- Sistema de descarga de salmuera
- Estación de bombeo, incluido el sistema de filtración

- Instalaciones de cloración (precloración y desinfección)
- Sistema de pretratamiento
- Sistema SWRO
- Sistema de postratamiento
- Sistema de tratamiento de aguas residuales
- Sistema de detección y protección contra incendios

- Sistemas de ventilación y aire acondicionado
- Edificios generales
- Vías de acceso

BASES DEL DISEÑO

La capacidad de producción de la planta desalinizadora de agua de mar

es de 100.000 m³/día en condiciones nominales y de 105.000 m³/día en periodo de exigencia. La planta está diseñada para producir la capacidad nominal trabajando con cinco racks o con cuatro racks de ósmosis inversa con un rack fuera de servicio por mantenimiento.

Se ha considerado una capacidad

LA PLANTA HA SIDO DISEÑADA PARA PROPORCIONAR PLENA CAPACIDAD CON LA CALIDAD REQUERIDA TENIENDO EN CUENTA LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL AGUA DE MAR EN LA REGIÓN, LOS FENÓMENOS DE FLORACIÓN DE ALGAS Y MAREA ROJA Y LA OPTIMIZACIÓN DE LOS 20 AÑOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVISTOS

de diseño (GCWC) de un único tren de 20.100 m³/día con una capacidad máxima de 25.125 m³/día por tren cuando un tren de ósmosis inversa está en mantenimiento (configuración N-1).

En periodo de exigencia (TCWC) la capacidad de un único tren es de 21.105 m³/día con una capacidad máxima de 26.381 m³/día por tren cuando la temperatura del agua de mar es superior a 32°C (configuración N-1).

La planta tiene capacidad para producir por segundo paso 100 m³/día de permeado con 150 µS de conductividad.

Esta configuración N-1 permite producir la máxima capacidad, optimizando las paradas programadas con el fin de asegurar la operación más eficiente durante los 20 años de la concesión considerando los requerimientos de operación y mantenimiento.

La calidad del agua potable suministrada en el punto de abastecimiento de agua es conforme con los límites especificados en el MFS (Especificación Mínima de diseño) y con los requisitos de la Norma 8/2012 de Omán, cuyos límites se enumeran en la tabla superior.



	BARKA V IWP	OMANI STANDARD 8/2012
Turbidez (NTU)	≤1	≤1
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	40-100	≤200
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	30 - 100	≤250
Cloro residual (tras 30 minutos de contacto) (mg/l)	0,2 – 0,5	≥0,5
TDS (mg/l)	120 - 500	120 - 600
Boro (mg/l)	≤2,4	≤2,4
Índice de saturación de Langelier (LSI)	-0,5 ≤ LSI ≤ 0,5	/
Fluoruro (mg/l)	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO DEL PROCESO

Con el fin de cumplir todos los requisitos y condiciones, se analizaron en profundidad los requisitos específicos indicados por el cliente. Como resultado de estas consideraciones, el proyecto es capaz de asegurar la producción de agua, la calidad del agua requerida y la disponibilidad de la planta desalinizadora basándose en un diseño sólido, robusto y flexible.

El proceso de pretratamiento, que incluye un sistema de flotación por aire disuelto (DAF), filtros de gravedad y filtros de cartucho, está diseñado para eliminar una amplia gama de sólidos en suspensión, lo que garantiza que la calidad del agua que entra en el proceso de ósmosis inversa cumpla los requisitos de la membrana y, por tanto, se pueda garantizar la calidad del agua de producto sin reducir la disponibilidad de la planta.

LA PLANTA ES CAPAZ DE ASEGURAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA, LA CALIDAD DEL AGUA REQUERIDA Y LA DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA DESALINIZADORA BASÁNDOSE EN UN DISEÑO SÓLIDO, ROBUSTO Y FLEXIBLE

Además del diseño robusto y flexible del pretratamiento, el proceso se ha ajustado para optimizar el consumo de energía y maximizar la eficiencia. Esta optimización se consigue desarrollando un diseño integral de la planta que incluye, entre otros, los siguientes equipos y sistemas:

- Cámara isobárica tipo ERI-PX para la recuperación de energía en cada tren de ósmosis inversa.
- Variadores de frecuencia en todas las bombas principales: bombas de entrada de agua de mar, bombas de alta presión y bombas de refuerzo, bombas de agua de producto, lo que permite controlar el sistema con un consumo de energía óptimo.
- Diseño de la línea de filtros DAF y de gravedad para que funcionen por gravedad con poca pérdida de carga.
- Optimización del funcionamiento y rendimiento de las bombas alcanzando el punto de trabajo óptimo de todas y cada una de las bombas del proceso.

El proyecto garantiza la disponibilidad de la central según lo exigido por el OPWP del 95%. Y el diseño de la planta se desarrolló teniendo en cuenta los requisitos de disponibilidad y fiabilidad.

SOLUCIÓN PROPUESTA

La planta desalinizadora incluye los siguientes procesos y sistemas con el fin de producir agua potable bajo los parámetros requeridos.





Sistema de entrada y salida de agua de mar

El sistema de entrada y salida de agua de mar se compone de dos tuberías de toma de agua bruta diseñadas para un 70% de la capacidad de la planta. Las estructuras de toma se han diseñado para situarse a 10 metros de profundidad respecto al nivel medio del agua.

Un sistema de filtración de agua bruta compuesto por dos canales con rejillas (diseño equivalente a 1 + 1 unidad en *stand by*). El agua de mar entra en la cámara de toma de agua, donde dos canales de cribado, equipados con rejillas de barras y cinta transportadora, protegen las bombas de agua de mar de posibles daños.

Tres bombas de agua de mar, de un 50% de capacidad cada una (2 en funcionamiento + 1 unidad de reserva) bombean el agua de mar tamizada al sistema de pretratamiento.

El sistema de descarga se compone de dos tuberías diseñadas para un 70% de la capacidad de descarga de la plan-

ta. El extremo de descarga de la tubería de efluentes se ha diseñado para que esté situado a 7 metros de profundidad con respecto al nivel medio del mar.

Antes de entrar en el pretratamiento, el agua de mar es preclorada. Se utilizan dos tanques de almacenamiento con el 50% de la capacidad necesaria cada uno y tres bombas dosificadoras con el 50% de la capacidad cada una (2 en funcionamiento +1 en unidad de reserva) para la precloración previa al pretratamiento.

Pre-tratamiento

El enfoque integral del diseño también afecta al pretratamiento. El proceso de pretratamiento se ha diseñado para mejorar y optimizar el proceso, cumplir los requisitos del cliente y aumentar la eficiencia de la desalación y la operación y el mantenimiento durante toda la vida del contrato.

La eficiencia y fiabilidad de este proceso es esencial para optimizar la ósmosis inversa. Las bajas velocidades de filtración y un lecho de medios

múltiples (pumita y arena) garantizan una elevada retención de sólidos, una tasa elevada de intervalos de retro-lavado con $SDI \leq 4$, lo que contribuye a aumentar la eficacia de la ósmosis inversa.

Durante los eventos de proliferación de algas, el DAF demostró una alta eficiencia de eliminación en algas con la menor producción de biopolímeros y TEPs (Exo-Polímeros Transparentes) durante todo el proceso. El diseño del DAF permite asumir picos de carga en SST 3-4 veces superiores a los utilizados para el diseño (10 ppm).

Con el objetivo de optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental, visual y acústico de la planta, el sistema DAF y los filtros dualmedia abiertos han sido diseñados para funcionar por gravedad, sin requerir presurización alguna. El proceso de pretratamiento consiste en lo siguiente:

- Dosificación química para coagulación y floculación.
- Sistema de flotación por aire disuelto (DAF).
- Filtros multimedia de gravedad: se

PLANTA DESALADORA DE ÓSMOSIS INVERSA BARKA V. OMÁN





instalaron dieciséis celdas de filtración, con pumita, arena y grava, para que los filtros de gravedad eliminen más del 85% de los SST del agua de entrada antes de la ósmosis inversa.

- Estación de bombeo intermedia al sistema de ósmosis inversa: Consta de tres bombas centrífugas horizontales (2 en funcionamiento +1 en stand by) que bombean el agua filtrada al proceso de ósmosis inversa.
- Filtros de cartucho: para retener y eliminar cualquier resto sólido en suspensión en el agua de entrada y proteger las membranas de ósmosis inversa de posibles daños. Son un total de cinco unidades con 470 cartuchos por filtro.

Sistema SWRO

La ósmosis inversa es el núcleo del proceso de desalinización. El proceso, a partir de la toma de agua de mar, ha sido diseñado y concebido para garantizar la calidad del agua producto. Las membranas de ósmosis inversa están diseñadas para funcionar en condiciones muy específicas. El proceso previo a la ósmosis inversa garantiza una adecuada eliminación

de sólidos en suspensión para evitar daños en la membrana. La sección de ósmosis inversa incluye el segundo paso para tratar una parte del permeado con una capacidad de 100 m³/día y la correspondiente estación de llenado de tanques.

Hay un total de cinco racks de ósmosis inversa dimensionados para producir un caudal máximo de



25,125 m³/día. Con estos caudales por rack, la planta puede funcionar con sólo 4 bastidores y seguir produciendo el GCWC.

En periodo de exigencia (TCWC), la capacidad de un solo rack es de 21.105 m³/día trabajando con cinco racks de ósmosis inversa y con una capacidad máxima de 26.381 m³/día por rack trabajando con cuatro racks de ósmosis inversa.

Las líneas de ósmosis inversa comprenden los siguientes equipos:

- Cinco bombas de alta presión
- Cinco bombas de refuerzo
- Cinco racks de ósmosis inversa
- Sistema de recuperación de energía compuesto de cinco líneas de intercambiadores de presión ERI PX-Q300
- Post-tratamiento

Tras la ósmosis inversa, el agua permeada requiere un postratamiento y remineralización que proporciona al agua la composición química, mineral y de pH adecuada para su consumo final. Las instalaciones de post-tratamiento consisten en:

- Dosificación de dióxido de carbono: el sistema se compone de dos tanques de almacenamiento de CO₂ de 21,05 Tm de capacidad unitaria.



PUBLICIDAD



- Filtros de calcita: el sistema se compone de seis tanques de almacenamiento en funcionamiento de 32 m³ de capacidad.
- Dosificación de silicofluoruro sódico en agua producto: el sistema se compone de dos tanques de dilución de 10 l de capacidad unitaria para dilución, equipados con agitadores eléctricos.
- Tratamiento de neutralización: la neutralización de los efluentes producidos en la planta SWRO, procedentes de las limpiezas químicas de RO, tiene por objeto evitar que se produzca la salida de contaminantes.
- Planta de tratamiento de aguas residuales: el tratamiento de los efluentes producidos en la planta SWRO, proce-

dentados de la limpieza CIP del RO, de los retrolavados de los filtros multimedia y de los fangos del sistema DAF, tiene por objeto evitar que se produzca el vertido de contaminantes.

- Estación de llenado de depósitos: las instalaciones de agua permeada y la estación de llenado de depósitos tiene capacidad para suministrar agua permeada a una velocidad de 110 m³/h a depósitos individuales, con una demanda diaria máxima de agua permeada de 100 m³/día.
- Descarga de salmuera y efluentes.

La salmuera de ósmosis inversa se transporta a la estructura de descarga de salmuera mediante una tubería de GRP de diámetro 900 / 1.400 mm.

El emisario submarino de salmuera

está compuesto por una tubería doble de 1200 mm de GRP con una longitud de 720 m cada una, entre el límite de la batería en la estructura de hormigón del emisario en tierra hasta los difusores de descarga.

Las tuberías han sido instaladas en varias secciones mediante un método de inundación progresiva desde la costa hasta la orilla del mar una vez que la tubería esté lista para su instalación y la zanja esté completamente dragada. Se necesitará lastre para garantizar la estabilidad de la conducción. La estructura del emisario está equipada con un aliviadero de seguridad que conecta con la instalación de toma de agua de mar, aguas arriba de los canales de cribado grueso.

GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BARKA V

La instalación de una planta fotovoltaica (FV) en Barka V responde a dos razones fundamentales:

1. Compromiso con la sostenibilidad y la transición energética en Omán: Los objetivos de Omán en cuanto a sostenibilidad y transición hacia energías verdes están en perfecta alineación con los principios de GS Inima, que se resumen en:

- Suministro de electricidad a plantas desalinizadoras a través de fuentes renovables.
- Reducción significativa de emisiones de CO₂.

- Firme compromiso con un desarrollo sostenible a largo plazo.
- 2.** Disponibilidad de terreno y apoyo gubernamental: La ubicación estratégica de una parcela cercana a la planta desalinizadora de Barka V, combinada con el respaldo constante del Gobierno de Omán, ha proporcionado una base sólida para el desarrollo de esta planta fotovoltaica dedicada al autoabastecimiento. La planta fotovoltaica para el autoabastecimiento de Barka V tiene una capacidad de 5 MW de corriente alterna (CA), equivalente a 6,2 MWp en corriente continua, con una producción estimada de 11 GWh al año. Esta producción energética permite a la planta de desalinizadora operar con

LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR PERMITE A LA PLANTA DE DESALINIZADORA OPERAR CON UNA MAYOR EFICIENCIA ENERGÉTICA, REDUCIENDO SU HUELLA DE CARBONO Y ALINEÁNDOSE CON LAS METAS DE SOSTENIBILIDAD NACIONALES E INTERNACIONALES

una mayor eficiencia energética, reduciendo su huella de carbono y alineándose con las metas de sostenibilidad nacionales e internacionales. ●

PUBLICIDAD