

## Aqua Advise

Estudio de Plantas Desaladoras  
para Consumo Humano para la Provincia de  
Copiapó y Comuna de Chañaral

### Informe Final

30 de Julio, 2012



Confidencial

# Estudio de Plantas Desaladoras para Consumo Humano para la Provincia de Copiapó y Comuna de Chañaral

Informe Final

Julio 2012

## TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	
2. Localización	
3. Desaladora	3.1 Capacidad Recomendada 3.2 Layout Desaladora 3.3 Descripción de Proceso
4. Tubería e Impulsión	
5. CAPEX y OPEX	
6. Modelos de Contratación	
7. Análisis BOT	7.1 BOT Resultados 7.2 BOT Sensibilidades
8. Análisis DBOM	8.1 DBOM Resultados 8.2 DBOM Sensibilidades
9. Comparación BOT vs DBOM	
10. Resumen y Recomendaciones	
11. Equipo de Trabajo	

## LISTA DE MAPAS, TABLAS, IMÁGENES Y GRÁFICOS

- Pág. 8.- Disponibilidad de agua potable mundial 2008-2025
- Pág. 9.- Capacidad de Desalación global
- Pág. 11.- Imagen: Planta Desaladora de Barcelona, España
- Pág. 14.- Mapa 1: Localizaciones tentativas para la planta desaladora
- Pág. 15.- Alternativa 1: Punta Padrones
- Pág. 18.- Alternativa 2: Barranquilla, Caleta Pajonales
- Pág. 20.- Alternativa 3: Sector Losas Amarillas
- Pág. 22.- Alternativa 4: Playa La Virgen
- Pág. 30.- Tabla resumen de proyectos de plantas desaladoras sometidas al SEIA
- Pág. 31.- Matriz comparativa de alternativas de localización
- Pág. 35.- Mapa 2: Lugar seleccionado para planta Desaladora
- Pág. 35.- Mapa 3: Espacio reservado para la planta Desaladora
- Pág. 36.- Mapa 4: Perspectiva ubicación planta Desaladora
- Pág. 36.- Imagen: Ejemplo de una planta desaladora de capacidad similar: Palmachim, Israel
- Pág. 37.- Carta Base ubicación proyecto planta Desaladora
- Pág. 38.- Cartografía ubicación Alternativa 1: Punta Padrones
- Pág. 39.- Cartografía ubicación Alternativa 2: Caleta Pajonales
- Pág. 42.- Información sobre demanda mensual y factor del día de máximo consumo (fuente SISS)
- Pág. 44.- Imagen: Al Shoaibah desalination plant, Arabia Saudí
- Pág. 45.- Layout Desaladora
- Pág. 46.- Diagrama 1: Esquema de proceso de Desaladora Copiapó y balance de masas
- Pág. 47.- Tabla 1: Estándares de calidad de agua producto
- Pág. 49.- Clasificación de cultivos según su tolerancia al Boro

- Pág. 50.- **Tabla 2: Análisis mineral del agua de mar bruta y proyección de calidad de agua desalada**
- Pág. 51.- **Tabla 3: Impurezas y otras características del agua de mar bruta**
- Pág. 58.- Diagrama 2: Dibujo esquemático de ósmosis inversa
- Pág. 59.- Diagrama 3: Balance de caudales de SWRO
- Pág. 63.- Tubería de conducción
- Pág. 64.- Detalle de CAPEX Planta Desaladora
- Pág. 64.- Detalle de CAPEX Tubería e Impulsión
- Pág. 65.- Distribución de costos Planta Desaladora
- Pág. 65.- Distribución de costos Tubería e Impulsión
- Pág. 66.- Resumen de costos de inversión
- Pág. 67.- Cálculo de consumo energético de SWRO
- Pág. 67.- Cálculo de consumo energético de Impulsión
- Pág. 68.- Resumen de consumo energético total
- Pág. 68.- Detalle de productos químicos a utilizar en el proceso de desalación
- Pág. 69.- Resumen de costos de operación (OPEX)
- Pág. 70.- Modelos de contratación
- Pág. 75.- **Imagen: Planta desaladora de Alicante II, España**
- Pág. 76.- Comparación de los diferentes modelos de contratación
- Pág. 76.- Modelos de contratación preseleccionados
- Pág. 79.- Supuestos Financieros
- Pág. 80.- Diseño del Modelo Financiero
- Pág. 81.- Modelo BOT
- Pág. 81.- BOT – Sensibilidad del precio del agua a cambios en los principales parámetros del proyecto

- Pág. 82.- BOT – Sensibilidad del precio del agua al nivel de garantía de demanda proporcionada por el sector público
- Pág. 83.- BOT – Sensibilidad del precio del agua a una posible subvención del Gobierno
- Pág. 84.- Modelo DBOM
- Pág. 85.- DBOM - Desglose del precio del agua
- Pág. 85.- DBOM – Análisis de sensibilidades
- Pág. 86.- Comparación BOT vs DBOM
- Pág. 90.- Detalles del modelo financiero: PARÁMETROS
- Pág. 92.- Detalles del modelo financiero: CASH FLOW
- Pág. 95.- Detalles del modelo financiero: REPORTES FINANCIEROS
- Pág. 102.- [Imagen: Planta desaladora de Hamma, Argelia](#)
- Pág. 103.- Cronograma
- Pág. 105.- Equipo de trabajo – líderes de las distintas áreas

## 1. Introducción

La escasez de agua es un tema de vital importancia en la actualidad y que afecta a toda la población mundial. Dado que más del 95% del agua disponible en el planeta se encuentra en mares y océanos, la desalación es uno de los principales objetivos de este siglo para la obtención de agua dulce a partir de agua de mar.

La escasez de agua en las Regiones del Norte de Chile es el elemento principal que dificulta el poblamiento y el desarrollo de las mismas. El desarrollo industrial y minero en la zona repercute en una mayor demanda de agua para estos sectores y en ocasiones entra en conflicto con el abastecimiento a la creciente población.

En concreto, la región de Atacama se enfrenta en los próximos 10 años a un alto nivel de inversión, del orden de los MM U\$ 30.000, con la consecuente presión sobre los recursos naturales, en específico en los recursos hídricos. A su vez, este nivel de inversión implicará un aumento significativo en el crecimiento demográfico de la región.

La presión sobre los recursos hídricos se espera que aumente significativamente en todo el planeta con los incrementos de población, industrialización y urbanización.

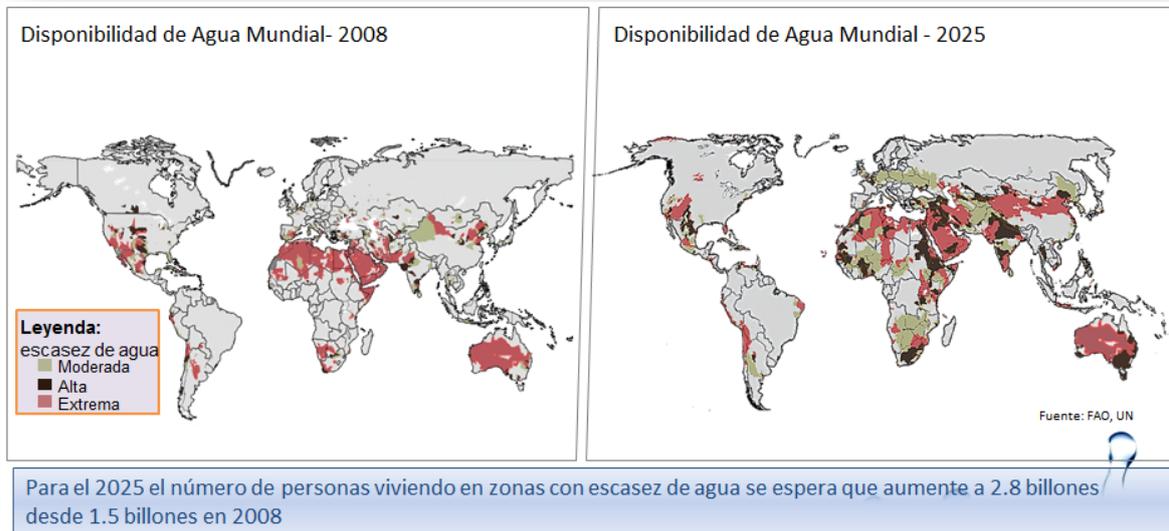
Los escasos recursos superficiales en relación con las demandas han obligado al abastecimiento con fuentes subterráneas en forma intensiva. El balance del acuífero en la situación actual de explotación, con un bombeo total promedio de  $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , obliga a un aporte desde el volumen embalsado en el acuífero de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$  en promedio al año. Esta extracción neta del acuífero ocurre en todo el valle de Copiapó, con crecientes descensos del volumen hacia aguas abajo.



A fin de reducir las extracciones que existen en el acuífero de Copiapó por parte de la empresa sanitaria Aguas Chañar S.A. y otros potenciales consumidores, se requiere el desarrollo de un proyecto para el suministro de agua desalada que minimice la presión ejercida en la actualidad sobre los recursos subterráneos.

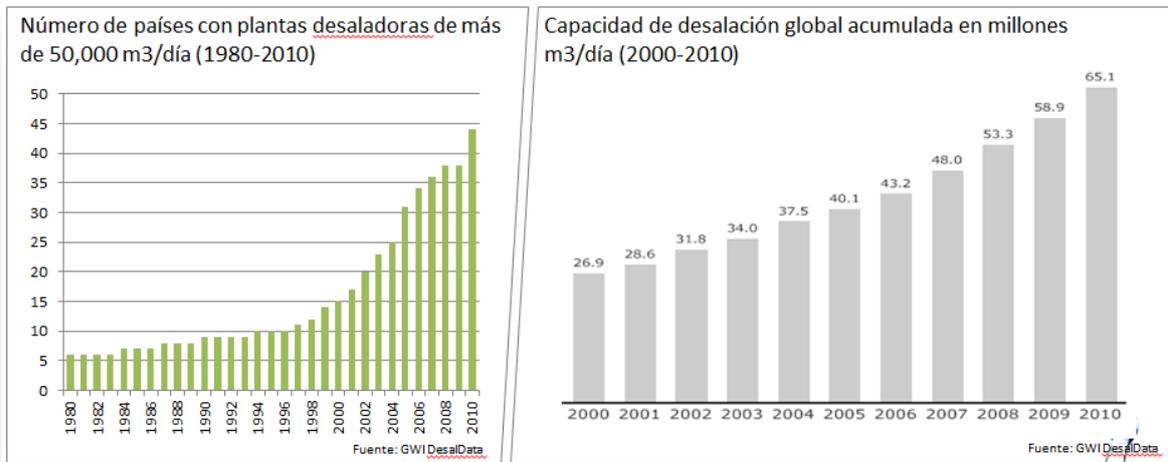
Con la instalación de esta nueva planta desaladora se cubrirá la demanda de agua actual y futura de las ciudades de Copiapó, Caldera y Chañaral, situadas en la Región de Atacama. Se dará servicio a una población total entorno a los 61.050 habitantes.

## Disponibilidad de Agua Mundial 2008 – 2025



Para el año 2025 el número de personas viviendo en zonas con escasez de agua en todo el planeta se espera que aumente a 2.8 billones, desde los 1.5 billones calculados en 2008.

En la situación tecnológica actual, la respuesta al problema de la escasez de agua en lugares cercanos a la costa es real y sencilla: la desalación del agua de mar. Esta fuente inagotable puede satisfacer cualquier demanda teórica y, por consiguiente, ninguna zona alejada al mar puede considerarse hoy en día escasa en agua, ya que es posible satisfacer la demanda total de agua requerida en armonía con el medio ambiente, tanto terrestre como marino.



El incremento de demanda de agua potable ha creado un mercado de Desalación muy competitivo a nivel mundial, con muchos países añadiendo plantas desaladoras a sus fuentes de agua como recurso.

En este proyecto específico, durante la fase de licitación para la construcción de la planta, se espera un proceso de licitación muy competitivo, lo que repercutirá en un precio de agua más reducido.

Para conseguir los niveles requeridos de aporte de agua, los distintos países han desarrollado diferentes modelos de contratación de plantas desaladoras, que se analizan en detalle en este informe.

## 1.1 Objetivos

La Corporación para la Competitividad e Innovación de la Región de Atacama (CCIRA) ha contratado a Aqua Advise con el objetivo fundamental de estudiar la viabilidad de la instalación de una planta desaladora que permita cubrir la demanda de agua potable actual y futura de la Ciudad de Copiapó, Caldera y Chañaral.

El presente estudio tiene por objetivo más concreto:

- Viabilizar la instalación de una planta desaladora que permita cubrir la demanda actual y futura de la Ciudad de Copiapó, Caldera y Chañaral
- Reducir las extracciones de agua subterránea del acuífero de Copiapó por parte de la empresa sanitaria

Para estudiar la viabilidad de la implantación de una planta desaladora se han estudiado y llevado a cabo, entre otros, los siguientes puntos:

- Modelación de infraestructura que permita la producción de caudales que oscilen entre 1.200 l/s y 3.500 l/s (este último considerando la venta de agua para otros actores adicionales a la sanitaria)
- Se han considerado estándares tecnológicos disponibles a nivel mundial y su pertinencia para el caso de los requerimientos de Atacama.
- Se han analizado modelos de inversión a nivel mundial y pertinencia local, tanto con fondos estatales, con subsidio como con cargo a tarifa.
- Se han realizado análisis de sensibilidad respecto al dimensionamiento de la planta (producción, operación y conducción a destino).

## 1.2 Antecedentes

- Con precipitación local alrededor de 2 cm por año y una demanda creciente de agua dulce para usos públicos e industriales, los acuíferos existentes en la región se encuentran bajo una creciente presión y la situación comienza a ser alarmante
- La desalación de agua de mar se ha convertido en uno de los elementos claves en el esfuerzo de proporcionar nuevas fuentes de agua en regiones con estrés hídrico de todo el mundo

- La participación del sector privado en la construcción y operación e proyectos de desalación es cada vez más habitual, con el sector privado aportando tecnología, *know how* y capacidad financiera que no siempre están disponibles en el sector público
- En este informe se analiza el precio del agua y los riesgos relacionados con la promoción del proyecto bajo dos métodos de contratación seleccionados por el Gobierno Regional y Central en el primer informe de avance: BOT y DBO

La entrega de una planta desaladora para la ciudad de Copiapó enfrenta varios requerimientos específicos:

- La necesidad de entregar agua dulce a una distancia de 80 km de la costa con una diferencia de altitud de 400 metros
- La empresa sanitaria, el posible *off taker* o comprador del agua producida por la planta, es una empresa privada (Aguas Chañar) que trabaja bajo concesión del gobierno
- Existe una posibilidad real de demanda adicional de empresas del sector privado local (sector minería, industrial, etc.), además de las cantidades demandadas por la empresa sanitaria.



---

## 2. Localización Planta Desaladora

La Política Ambiental de la Región de Atacama tiene como objetivo fundamental el desarrollo sostenible de la región. El desarrollo sostenible engloba tres variables fundamentales, la variable económica, la variable social y la variable ambiental. Las tres han de crecer sin comprometer a las dos restantes.

**En este sentido, la escasez de agua de las regiones del Norte de Chile es el elemento fundamental que imposibilita el desarrollo y poblamiento de las mismas.**

El área de estudio comprende el borde costero de la comuna de Caldera, ubicada en la Región de Atacama. Se explican a continuación los lugares preseleccionados para la ubicación de la planta desaladora. A posteriori, se hace un estudio de las distintas variables que han afectado a la hora de decidir la mejor zona para la ubicación de la planta desaladora y se ha elaborado una matriz comparativa con las diferentes alternativas posibles.

Teniendo en cuenta que los requisitos necesarios básicos para ubicar la planta desaladora son: proximidad al mar y una cota no muy elevada. Se han seleccionado cuatro posibles zonas para la ubicación de la planta desaladora teniendo en cuenta diferentes aspectos ambientales que se analizarán de manera general en los siguientes puntos.

Para la selección de la mejor ubicación para la planta desaladora de Copiapó, Aqua Advise realizó visitas a terreno acompañados de un equipo técnico compuestos por las diferentes competencias:

- Bienes Nacionales
- Medio Ambiente
- Comisión Nacional de Riego

Existen una serie de condiciones generales básicas a la hora de elegir el lugar idóneo para la ubicación de la planta desaladora:

- Cercanía a la costa
- Calidad del agua de mar
- Cuestiones ambientales y de protección especial
- Ausencia de derechos mineros
- Proximidad a suministro eléctrico
- Minimizar Impacto visual/Integración paisajística

Y otras específicas para este proyecto, como son:

- Prioridad a terrenos fiscales
- Espacio suficiente para crecimiento futuro

## 2.1 Localizaciones Tentativas

Se han visitado y estudiado **4 potenciales alternativas de ubicación** para la implantación de la planta desaladora de Copiapó:



En el presente capítulo se indican las distintas alternativas propuestas y se analizan las variables que afectan a la elección de la mejor alternativa para la implantación de la planta desaladora.

Tal y como se observa en el **Mapa 1. Localizaciones tentativas**, se han visitado y estudiado 4 alternativas de ubicación para la implantación de la planta desaladora, que se describen a continuación.

Del mismo modo, se han analizado cuatro variables importantes para determinar el lugar idóneo para ubicar la planta desaladora:

- Condición Ambiental
- Existencia de Concesiones acuícolas
- Acceso al lugar
- Suministro eléctrico

## Alternativa 1: Punta Padrones

La alternativa 1 se emplaza en las coordenadas (316552 E – 7004438 N), que corresponden a la península al norte del sector de Calderilla, al sur del puerto de Caldera.



- **Análisis Medioambiental.**

Esta alternativa se encuentra en el lugar más favorable para el desarrollo del proyecto de la planta Desaladora, ya que entraña un menor impacto ambiental, como se explicará a continuación.

La alternativa 1 está situada sobre 80 hectáreas de terreno fiscal, en el sector de Calderilla, al norte del balneario de Bahía Inglesa y a aproximadamente a 2 kilómetros de las inmediaciones de la ciudad de Caldera.

En este mismo sector existe una planta desaladora en construcción perteneciente a la Compañía Minera Candelaria aprobada mediante la resolución RCA de fecha 17

---

de junio de 2011, mediante Resolución Exenta N° 129 de la Comisión de Evaluación de la Región de Atacama.

Puede significar una ventaja la existencia de una planta desaladora en la zona, ya que se han avanzado en estudios ambientales relevantes, tales como análisis del patrimonio arqueológico y paleontológico. Del mismo modo se han estudiado los efectos que supone instalar una planta desaladora sobre la Zona de Protección del Litoral e impacto sobre el área de estudio.

La zona de Punta Padrones, a pesar de encontrarse cerca de la zona turística de Bahía Inglesa, se trata de una zona de desarrollo industrial, en la que el impacto tanto paisajístico como ambiental está minimizado al resultar una zona dedicada a al uso urbano e industrial.

No se han encontrado lugares de interés o zonas de protección especial dentro del espacio de esta alternativa 1 que imposibiliten el desarrollo de un proyecto de estas características en el área.

- **Análisis de concesiones acuícolas y marítimas**

Se han identificado 29 concesiones acuícolas en las inmediaciones de la zona y 5 concesiones marítimas en su entorno, donde destacan entre estas últimas las hechas a Maestranzas Navales S.A, de acuerdo con la información del sitio web [www.concesionesmaritimas.cl](http://www.concesionesmaritimas.cl).

- **Análisis de acceso al lugar**

El área de Punta Padrones cuenta con una buena red de acceso por vía terrestre debido a la importancia que tiene el puerto para el desarrollo de la región de Copiapó y la cercana zona turística de Bahía Inglesa.

La Ruta 5 norte es la ruta principal de acceso a la localización potencial de la planta, desde la cual se accede a la ciudad de Caldera (15 km), y la ciudad de Copiapó (60 km). Las rutas C-302 y C-364 conectan la ciudad de Caldera con los poblados que se encuentran hacia el sur y hacia el área tentativa del proyecto.

Además, las características del terreno facilitan la construcción de la planta y el mejoramiento de accesos sin que esto constituya ni un impacto grave para el territorio ni grandes costos asociados.

La ubicación exacta se encuentra cerca del puerto de Caldera, que actualmente se destina principalmente a la exportación de productos de la minería (concentrado de cobre).

Por otro lado, se trata de una zona urbana donde la alimentación de energía eléctrica a la Planta sería más favorable que en el resto de alternativas propuestas.

No hay problema alguno de acceso a este lugar y debe considerarse la ventaja de que tanto el personal involucrado en la construcción de la obra como los operarios de la Planta podrían residir en Caldera y acudir al trabajo en la Planta bajo sus propios medios. Esto puede resultar importante en una instalación que ha de trabajar a turnos las veinticuatro horas del día, facilitando la logística de alojamiento.

Junto con Bienes Nacionales, se ha determinado la potencial ubicación precisa para la planta desaladora, dentro de las 80 Ha de terreno fiscal disponibles. Esto supone un ahorro significativo en el coste de terreno frente a otras alternativas donde el terreno es privado.

- **Condición Impulsión**

La distancia lineal desde Piedra Colgada (ubicada a 279 m.s.n.m.) hasta este punto son aproximadamente 47 kilómetros.

Según el "Plan Regulador Intercomunal para las comunas costeras de la Región de Atacama", Punta Padrones se ubica en una zona definida como de *uso diverso*. Se puede proyectar el paso de tuberías a través de una franja definida como de "Potencial uso industrial intercomunal".

Según el "Plan Regulador Intercomunal", se descartan problemas en cuanto al trazado de la tubería. Considerando que gran parte del potencial trazado de la tubería atraviesa terreno fiscal y otra parte privada. Se han considerado Servidumbres de paso y sus costos asociados en el presente proyecto.

## Alternativa 2: Barranquilla

Esta ubicación se emplaza en las coordenadas (299500 E- 6930950 N), 26 kilómetros al sur de Caleta Barranquilla, tal como se aprecia en la *Carta Base anexa a la presente sección*.



- **Análisis Medioambiental.**

No se encuentran estudios previos presentados al SEIA, ni Estudios de Impacto Ambiental ni Declaraciones de Impacto Ambiental. No existen lugares de interés ni zonas protegidas en la zona.

- **Análisis de concesiones marítimas y acuícolas.**

En las inmediaciones del punto propuesto se encontraron 2 concesiones marítimas en su entorno, una para la regularización de casa particular, y la otra para regularizar una cocinería. No se observan concesiones acuícolas en el lugar según los datos del Sernapesca ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)).

---

- **Análisis de acceso al lugar.**

La ubicación de este sector de Barranquilla presenta peor acceso que la alternativa 1. Se accede a través de la ruta C-386 durante 29 kilómetros, empalmando con la ruta 5 durante 52 kilómetros y a partir de ahí a través de la ruta C-324 y C322 durante 18 kilómetros hasta llegar a Caleta Pajonales.

El recorrido por las distintas rutas por tierra son aproximadamente 148 kilómetros desde Piedra Colgada. Se puede observar el recorrido en la *Carta Base* anexa a la presenta sección del proyecto.

- **Condición Impulsión.**

La distancia lineal desde Piedra Colgada hasta este punto se extiende aproximadamente 50,23 kilómetros en línea recta. Según "El Plan Regulador Intercomunal", el punto se ubica en una zona definida como "de apoyo a centros poblados".

- **Suministro eléctrico.**

Se estima que la caleta no cuenta con sistema eléctrico conectado a la red regional. Lo cual supone un problema a la hora de cumplir con el requerimiento de acceso a energía eléctrica tan importante para la ubicación de la planta desaladora.

### Alternativa 3- Sector Losas Amarillas

Este sector se ubica inmediatamente al sur de Bahía Inglesa, sobre la rada (307650 E - 6973463 N), tal como se ilustra en la siguiente figura:



#### ▪ Análisis Medioambiental

Esta ubicación se encuentra al norte del Morro y al Sur de Bahía Inglesa. Linda por tanto con una zona de especial protección denominada Área Marino Costera Protegida Atacama La Grande. Esto ha llevado a la consideración de otras alternativas de emplazamiento que sean menos susceptibles desde un punto de vista ambiental.

Del mismo modo, la proximidad de la ubicación a Bahía Inglesa, la hace susceptible de interferir con el uso recreacional de la zona de playa de la bahía.

Se identifica en la zona un área de interés arqueológico, según el Catastro de Sitios Arqueológicos realizado por el MOP (ver página 25).

Esta alternativa presenta un alto nivel de protección ambiental, sin embargo otras variables como "acceso al lugar" o "condiciones de impulsión" resultan más favorables.

---

- **Análisis de concesiones marítimas y acuícolas**

Se trata de una ubicación especialmente vulnerable en este aspecto. En las inmediaciones del punto propuesto no se observan concesiones marítimas; sin embargo, se verifican 20 concesiones acuícolas en la zona inmediata.

- **Análisis de acceso al lugar.**

La zona presenta muy buen acceso por tierra, debido a la importancia que tiene el balneario de Bahía Inglesa para la población de las distintas ciudades de las regiones de Antofagasta y Atacama. Desde Piedra Colgada, el acceso se da siguiendo la Ruta 5 Norte, durante 52 kilómetros siguiendo después por la Ruta C-360, hasta llegar al punto indicado

- **Condición Impulsión.**

La distancia lineal desde Piedra Colgada hasta este punto son aproximadamente 49 kilómetros.

Esta alternativa de ubicación de la planta desaladora presenta una buena conexión para el potencial trazado de la tubería, ya que son terrenos clasificados según el "Plan Regulador Intercomunal" como mejor clasificados para el fin. La tubería pasaría por una zona definida como de uso diverso y luego por una zona de clasificada como de "apoyo a centros poblados", hasta llegar al punto asignado de Piedra Colorada. Esta alternativa sería la segunda más directa y con menores proyecciones de restricción por el plan regulador.

- **Suministro eléctrico.**

Se estima que existe el servicio de suministro eléctrico en las inmediaciones al lugar.

## Alternativa 4: Playa La Virgen

La alternativa de Playa La Virgen se sitúa al Sur del Río Copiapó, en las inmediaciones de Puerto Viejo (311127 E- 6996269 N), tal como se observa en la siguiente figura.



- **Análisis Medioambiental.**

Como antecedentes, es importante resaltar que en las inmediaciones de este punto, en la playa la Virgen, se presentó en el año 2010 un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de un proyecto para una Planta desaladora, Proyecto denominado "Planta desalinizadora para Copiapó", el cual fue rechazado por la comisión regional debido a cuestiones medioambientales.

---

- **Análisis de concesiones marítimas y acuícolas.**

En las inmediaciones del punto propuesto no se encontraron concesiones marítimas ni concesiones acuícolas otorgadas.

- **Análisis de acceso al lugar.**

Desde Piedra Colgada, se accede por la Ruta 5 Norte durante 21 kilómetros, para luego dirigirse a la Ruta C-358 durante 30 kilómetros hasta llegar a playa La Virgen.

Adicionalmente, esta localización se encuentra situada en terreno privado, lo cual repercute en un encarecimiento del proyecto, asumiendo un costo significativo de arriendo del terreno.

- **Condición Impulsión.**

La distancia lineal desde Piedra Colgada hasta este punto son aproximadamente 49 kilómetros. Según "El plan regulador Intercomunal", este punto se ubica en una zona definida como "de apoyo a centros poblados", aunque rodeado de dos zonas de interés turístico, lo cual dificulta un posible trazado de la tubería.

- **Suministro eléctrico.**

El sector no cuenta con servicio eléctrico.

## 2. 2 Análisis Espacial

Se ha realizado un Análisis espacial de las distintas alternativas de localización descritas en el punto 2.1. Localizaciones Tentativas para la ubicación de la planta desaladora, en base a elegir la mejor opción para la ubicación de la planta.

Se han considerado las siguientes variables ambientales dentro del análisis espacial a la hora de definir la mejor alternativa de localización para la planta desaladora:

- Sitios arqueológicos
- Paleontología
- Corrientes marinas
- Concesiones acuícolas y áreas protegidas

### 2.2.1 Sitios Arqueológicos.

El litoral de la región de Atacama posee escasas investigaciones arqueológicas junto con reducidas publicaciones que relaten de manera integrada el panorama prehispánico de esta zona.

La zona de estudio para la localización de la planta desaladora presenta lugares de interés arqueológico reconocido, especialmente en lo que se refiere a Caldera y Calderilla, tal como se observa en la **Carta Base de ubicación del proyecto, anexa a la presente Sección 2 del proyecto.**

Según investigaciones, se puede afirmar que dentro del área seleccionada para la implementación de la planta desaladora, no se ha encontrado ninguna zona de interés arqueológico.

No existen monumentos nacionales ni zonas protegidas declaradas. Únicamente, como mencionábamos, existen **sitios arqueológicos reconocidos**, que hay que tener en cuenta a la hora de considerar el lugar idóneo para la planta desaladora.

Se han reconocido los siguientes sitios arqueológicos dentro de la región:

**Sitios Arqueológicos reconocidos en la Región:**

- **Caldera (código 3226).** Lat 27,04 / Long 70,49. Alt. 50 m. UTM: 319.514 E / 7004.465. Cementerio sin clasificar. Acceso en vehículo desde la ciudad de Caldera. 0-700 d.C., Complejo El Molle (Cervellino 1981).
- **Calderilla (código 3227).** Lat 27,05 / Long 70,51. Alt. 20 m. UTM: 317.582 E / 7003.214. Cementerio sin clasificar. Acceso en vehículo, situado al sur de Bahía Calderilla. 0-700 d.C., Complejo El Molle (Cervellino 1981).
- **El Morro Copiapó (código 3228).** Lat 27,08 / Long 70,54. Alt. 30 m. UTM: 311.315 E / 6997.302. Poblado aglutinado, cerámica fragmentada. Acceso en vehículo y a pie por la explanada del Morro. 1450-1530 d.C., Inca-Diaguita (Niemeyer et al 1991), realizó prospección y recolección.
- **Puerto Viejo (código 3229).** Lat 27,20 / Long 70,55. Alt. 20 m. UTM: 310.037 E / 6975.509. Cementerio cerámico; restos de escoria, trozos de cobre metálico, un cántaro y un esqueleto. Acceso en vehículo por sector norte de la desembocadura del Copiapó. 0-800 d.C., Complejo El Molle (Cervellino 1991), realizó prospección y rescate.

***Analizando como afecta la Arqueología en las distintas alternativas propuestas:***

- La **alternativa de Losas Amarillas**, está situado sobre un sitio arqueológico que corresponde a "El Morro Copiapó", cuya característica es la presencia de cerámicas correspondientes "al período VI Período de Pescadores Contemporáneos a Poblaciones Tardías del Desarrollo Regional, Productoras de Alimentos" (Uribe, 2010).
- La **alternativa de Playa La Virgen**, también muestra evidencias de ocupación prehispánica. Se encuentran vestigios atribuibles al "período Formativo Temprano de la Costa" asociado a la cultura Molle con restos de láminas y barritas de cobre, también espátulas y morteros (Uribe, 2010). Puerto Viejo (cercano a Playa la Virgen) presenta vestigios de todas los períodos, al igual que los demás sitios, en especial los correspondientes al período "Las Ánimas" (Rodríguez, 2012).
- **La única zona donde en principio no existiría tanta afectación a lugares de interés arqueológico es el puerto de Caldera, ya que se trata de una zona donde existen otros proyectos desarrollados y en desarrollo y es considerada una zona de uso industrial y urbano.**

## 2.2.2 Paleontología

Debe destacarse que en toda el área costera subyace un extenso yacimiento fosilífero reconocido en Bahía Inglesa, el cual incluye piezas dentales y óseas de fauna extinta. Este extenso yacimiento (se supone que tiene unos 100 km de extensión a profundidades diversas) está protegido por ley, a pesar de que ha sido largamente explotado por una planta industrial y artesanos locales.

Se ha visitado la biblioteca del museo de Copiapó, en la cual podremos llevar a cabo una evaluación preliminar de la bibliografía para determinar los elementos patrimoniales en el área de estudio. Posteriormente se llevará a cabo un estudio exhaustivo de las potenciales zonas de interés para medir los riesgos a nivel de protección del patrimonio.

Según bibliografía encontrada, se ha reconocido otra formación fosilífera en diversos puntos del perfil de una gran quebrada y el acantilado de la Playa Totalillo. La capa de fósiles se compone de al menos dos eventos depositacionales de alrededor de 70 cm de potencia cada uno, ubicados entre 2 y 3 msnm. El nivel superior tiene coloración rojiza y el nivel inferior más gris. Ambos incluyen guijarros medianos, pequeños y arena, y ambos parecen tener como único fósil las ostras.

Las localizaciones propuestas para el emplazamiento de la desaladora se sitúan sobre la Formación de Bahía Inglesa (Neógeno), compuesta principalmente por "abundantes restos fósiles correspondientes a invertebrados marinos representados por depósitos con bancos de Ostras y fragmentos de cetáceos fósiles" (Suárez, 2011).

A su vez, esta unidad ha sido asignada dentro del rango de edad Mioceno medio-Plioceno Inferior y constituye una secuencia sedimentaria marina que se extiende entre los 26° 45' y 28° S, aflorando como una franja costera de un espesor entre 3 y 15 km y alcanzando los 80 m de espesor... "la facies coquináceas son ricas en fósiles de invertebrados, mayoritariamente moluscos, gastrópodos y cirripedios. Las fangolitas incluyen facies de diatomita, fosforita y cineritas que conservan restos esqueléticos y escamas de peces óseos. Los niveles inferiores de conglomerado fosfático se caracterizan por una gran riqueza en vertebrados fósiles, principalmente peces, aves, reptiles y mamíferos cetáceos y carnívoros" (Suárez, 2008).

De acuerdo a observaciones realizadas en el terreno, basado en trabajos anteriores, se verificó que efectivamente existen mantos fosilíferos superficiales, destacando los "conchales" y en menor grado, la ubicación de fósiles de ballenas, pingüinos y megalodontes.

Es por esto, que una vez decidida la ubicación final de la planta desaladora, durante el Estudio de Impacto Ambiental que se desarrollará en la Fase II del proyecto, se deberán realizar prospecciones paleontológicas.

Dada la fragilidad y poca profundidad a la que se encuentran los restos fosilíferos en Caldera y Bahía Inglesa es importante llevar a cabo dichas prospecciones arqueológicas, como también en el sector de Playa La Virgen, donde además destacan la presencia de fósiles de vertebrados mayores.

Los afloramientos de la Formación Bahía Inglesa van decreciendo hacia el Sur, siendo el lugar más amplio la Quebrada Tiburones, situada a 5 km al noreste de Caleta Pajonales, lo cual hace suponer que la formación sigue presente hasta Caleta Barranquilla.

En los estudios existentes de la zona, se mencionan los Estratos de Caldera, que se caracterizan por contener fósiles pleistocénicos de moluscos. Así también, se menciona la unidad no fosilífera del Gabro de Caldera, que corresponde a afloramientos rocosos superpuestos con la Formación Bahía Inglesa (Suárez, 2011).

### **2.2.3 Corrientes Marinas**

El estudio de corrientes marinas es importante a la hora de considerar posibles emplazamientos para la planta desaladora. El sistema de corrientes determina la movilidad del material particulado en suspensión, como también el transporte de estos hacia sectores alejados de los efluentes. Es importante elaborar un buen estudio de corrientes, que será realizado en profundidad durante la Fase II del proyecto, para evitar posibles afectaciones al medio y la correcta dilución de la pluma de salmuera.

Se profundizará en el estudio de corrientes marinas durante la fase II de ingeniería básica. Sin embargo, a priori, en el área de estudio existen al menos dos corrientes claramente identificables a tener en cuenta.

Existe la Corriente Costera de Humboldt, correspondiente a aguas frías y que va de sur a norte, y la corriente subsuperficial de Günter, que fluye hacia el sur, y corresponde a aguas cálidas.

Por otro lado, existen afloramientos de aguas marinas que corresponden a movimientos ascendentes mediante los cuales las aguas localizadas a profundidades generalmente menores de 100-200 metros son llevadas hacia la superficie. Estos puntos de afloramientos o surgencia identificados, se sitúan frente a la Punta Morro, al sur de Bahía Inglesa y en el límite sur de la región, en el sector de Punta de Choros. Estas surgencias permiten el ascenso de aguas ricas en

nutrientes, posibilitando la productividad a nivel local. Lo cual también ayuda a la dilución del concentrado de salmuera.

Existen numerosas medidas de atenuación aplicadas para evitar el posible impacto del vertido de las desaladoras. Previamente a la construcción de la desaladora, durante la Fase II, se realizará un estudio sobre las posibles alternativas de vertido de su agua de rechazo.

Del mismo modo se hará un seguimiento ambiental de dilución y dispersión de la salmuera estudiando las corrientes marinas en la zona seleccionada para la ubicación de la planta.

#### **2.2.4 Concesiones Acuícolas y Áreas protegidas.**

En los sectores propuestos se desarrollan diversas actividades económicas, destacando entre ellas las concesiones acuícolas. El principal producto es el ostión y cuyo principal punto de explotación se concentra entre el Puerto de Caldera y Bahía Inglesa.

Situar la planta en el sector de Losa Amarilla no resulta recomendable, ya que las playas en forma de herradura (o pocket beach) impedirían la circulación de las sales excedentes del proceso de desalinización al verse devueltas a tierra por la corriente, impidiendo o dificultando su disolución en las aguas del mar.

Es importante ubicar la planta en un lugar donde no existan concesiones acuícolas en explotación, minimizando así la afectación al desarrollo de actividades económicas importantes para la región.

Al margen de las concesiones acuícolas, existe el "Área Marino Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU)" Isla Grande de Atacama localizada entre Punta Morro (27° 06' S) y la desembocadura del río Copiapó (27° 19' S).

Esta es un área protegida que comprende en su parte terrestre los terrenos de playa considerando 80 metros desde la línea de más alta marea; y en su parte oceánica, la columna de agua y los fondos marinos hasta media milla en el mar, incluyendo variados ecosistemas, además de las islas Chata y Grande de Atacama". Esta área protegida se aprecia en la *Carta Base* anexa a esta sección.

- Con esta información se descarta preliminarmente la ubicación de la planta desaladora en la Playa La Virgen, dado que se sitúa inmediatamente al sur del área protegida mencionada AMCP\_MU.

---

## 2.3 Sistema de Información Geográfica - SIG

Para elaborar el presente estudio se ha empleado un Sistema de Información Geográfica, de manera que ha sido posible evaluar tanto la proximidad de los puntos propuestos a la posición de sitios arqueológicos, ubicación de las áreas protegidas, además de la conversión de formato pdf a shp del plano regulador intercomunal de las comunas costeras de Atacama.

### **Ventajas del SIG**

- El uso de este sistema SIG permite realizar un análisis integrando las variables recopiladas a lo largo de esta investigación preliminar.
- Facilitando de este modo la selección de la localización de la planta desaladora en el lugar de menor afectación al medio ambiental marino y terrestre.

## 2.4 Revisión antecedentes de proyectos de otras plantas desaladoras

En la siguiente tabla se muestran proyectos sometidos al Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA), relacionados con la ubicación de plantas desaladoras, tanto en la región de Atacama como en otras regiones.

En la tabla a continuación se presentan los proyectos sometidos al SEIA analizados.

Nombre del proyecto	Tipo de evaluación	Fecha	Estado
Planta Desalinizadora Sur Antofagasta	DIA	04/01/2011	No calificado
Planta desalinizadora para el valle de Copiapó	EIA	31/05/2010	Rechazado
Línea de alimentación para planta desalinizadora de Antofagasta.	DIA	02/07/2002	Aprobado
Planta desalinizadora de agua de mar Antofagasta. II Región, Chile.	DIA	01/06/2001	Aprobado
Planta desalinizadora de agua de mar Antofagasta-Chile (segunda presentación)	EIA	07/01/2000	En calificación
Proyecto Abastecimiento de Agua para la minería del valle de Copiapó (planta desalinizadora)	EIA	20/11/2010	Aprobado
Planta Desalinizadora Minera Candelaria	EIA	24/06/2011	Aprobado

**Tabla** Resumen de Proyectos de plantas desaladoras presentados al SEIA.

## 2.5 Matriz comparativa de Alternativas de localización



### ANEXO B. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO AMBIENTAL

La matriz a continuación presenta un análisis ambiental preliminar comparativo de las alternativas de emplazamiento de la planta desalinizadora propuestas por Aqua Advise S.L.

UBICACIÓN DESALINIZADORA	CONDICION MEDIO AMBIENTAL	CONDICIÓN CONCESIÓN MARÍTIMA	ACCESO AL LUGAR	CONDICIÓN IMPULSIÓN	SUMINISTRO ELÉCTRICO
<b>Punta Padrones.</b> (316552 m E - 7004438 m N)	No se registran EIA o DIA declaradas o en trámite en sea. El lugar se encuentra a 1 km del balneario de Bahía Inglesa. Además hacia el noreste a 2 km se encuentra la ciudad de Caldera.	Se detectan al menos 29 concesiones acuícolas, y 5 concesiones marítimas en su entorno, donde destacan las maestranzas navales, a menos de 500 metros de la ubicación.	Desde Piedra Colgante se llega por medio de la ruta 5 norte, siguiendo por 59 kilómetros aproximadamente al oeste, para luego derivar a la ruta c 351, continuando luego, por un camino no pavimentado de 500 metros hasta el lugar de acceso a Punta padrones. La distancia total por tierra alcanza los <b>62,1 km.</b>	El punto seleccionado que se encuentra en Punta Padrones se distancia de manera lineal 46,7 kilómetros de Piedra Colgante punto el cual se encuentra a 279 m.s.n.m.	A menos de 500 metros existe construcciones industriales, se presume fácil disponibilidad de energía.
<b>Caleta Pajonales</b> (299500 m E - 6930950 m N)	No se registran EIA o DIA declaradas o en trámite en sea en inmediaciones del sitio evaluado. El lugar se encuentra a 0,6 km al norte de la caleta Pajonales, y a aproximadamente 28 kilómetros lineales de la caleta Barranquilla.	Existe un área de manejo de recursos en la caleta de pajonales, además se verifica al menos 2 concesiones marítimas a particulares, una para regularización de casa particular, y la otra para regularizar una cocinera.	Desde piedra colgante se llega por medio de seguir la ruta 5 norte, al sur por 3,3 km, luego se continua por la ruta c-386, por 28,9 kilómetros, para continuar luego por la ruta 5 norte por 52,4 km, siguiendo al sur, para empalmar luego	Caleta Pajonales, se distancia a 50,23 kilómetros en forma recta de piedra colgante punto el cual se encuentra a 279 m.s.n.m. Se presume necesidad de solicitar servidumbre de paso. Respecto a PRICOST 2000, al noriente de	No existiría disponibilidad de energía eléctrica del tendido público en este punto.
	Según el PRICOST Caleta Pajonales encuentra fuera del área clasificada como de zona interés turístico.		hacia el oeste, siguiendo la ruta c-416, por 46,4 kilómetros, hasta tomar la ruta c -324 que empalma luego a la C -322, por un recorrido de 17,4 kilómetros hasta llegar a esta caleta Pajonales. En total la distancia involucra un largo de <b>150 kilómetros app.</b>	punto seleccionado, se ubica zona de interés turístico, adyacente a zona industrial intercomunal, razón por la cual al seguir rumbo de ruta c-324 se facilitaría paso de tubería a lugar de ubicación de planta.	
<b>Sector Losas Amarillas</b> (307650 m E - 6973463 m N)	No existe EIA, ni DIA presentado de las inmediaciones del punto analizado, sin embargo, en la zona se identifica un área de interés arqueológico, según el catastro de sitios arqueológicos realizado por el MOP, además bajo el punto de vista del PRICOST se encuentra en una zona de área de uso diverso colindante con una zona de protección ecológica, hacia el oeste, que no	No presenta concesiones directas en el punto indicado, la más cercana está a 6 kilómetros al norte. Pero en el lugar se identifican al menos 20 concesiones acuícolas, inmediatamente en las proximidades del punto propuesto.	Desde Piedra Colgante, dirigirse hacia el oeste por la ruta 5 norte, por 52 kilómetros, para luego virar hacia la ruta c 360 y continuar 5 kilómetros, hasta llegar a orillas de Bahía Inglesa, debiendo recorrer al sur otros 8,3 km. El recorrido total alcanza los <b>65 kms.</b>	De manera lineal el sector de Losas Amarillas se distancia 47,9 kilómetros de piedra Colgante.	Se estima que existe disponibilidad de energía eléctrica.

UBICACIÓN DESALINIZADORA	CONDICION MEDIO AMBIENTAL	CONDICIÓN CONCESIÓN MARÍTIMA	ACCESO AL LUGAR	CONDICIÓN IMPULSIÓN	SUMINISTRO ELÉCTRICO
	interferiría al paso de tubería en caso de que esta quedara al medio.				
<b>Playa la Virgen</b> (311127 m E -6996269 m S)	Existen EIA realizados ,de proyecto Planta desaladora Copiapo, presentado en mayo 2010 y rechazado, según RCA , por aspectos de influencia en el valor paisajístico de la zona. Respecto a su cercanía a centros poblados , el punto indicado se encuentra a 1,6 kilómetros de Puerto Viejo. En el sector adyacente al punto propuesto ,inmediatamente hacia la zona norte y sur, según el PRICOST, se encuentran con zonas de interés turístico.	No hay concesiones marítimas	Desde Piedra Colgada , dirigirse hacia el oeste por la ruta 5 norte, por 20,9 kilómetros, para luego virar hacia la ruta c358 y continuar 30 kilómetros hasta llegar al sector de playa La Virgen. El recorrido total por tierra alcanza los <b>51,2 kms.</b>	De manera lineal se distancia a 48,6 kilómetros de piedra colgante.	Se estima que no existiría disponibilidad de energía eléctrica en la zona.

Fuente: Elaboración propia.

PRICOST: Plano regulador intercomunal de comunas costeras.

## 2.6 Recomendaciones de Localización

- Con la recopilación de información expuesta en el presente informe, se recomienda que antes de realizar cualquier intervención en el borde costero es necesario solicitar los permisos correspondientes al área ambiental y realizar un Estudio de Impacto Ambiental completo.
- El EIA contempla la gestión de todo tipo de permisos ambientales necesarios
- Es necesario un estudio detallado del entorno (Línea de base) del área seleccionada.
- Debe considerarse, en base al "Plan regulador intercomunal", la posición de los puntos propuestos respecto a las Zonas de Interés Turístico y las zonas de protección; Las dunas (Oriente de Caleta Barranquillas) o ecológicas (norte y sur de Playa La Virgen) y el "Morro Copiapó".
- Debe considerarse que todo el borde costero de la región de Atacama tiene vestigios de culturas prehispánicas y sitios arqueológicos reconocidos. Debe realizarse un detallado estudio ambiental durante la Fase II, de manera que no se intervenga sobre el patrimonio arqueológico no catastrado.
- La paleontología de Bahía Inglesa se caracteriza por tener fósiles de grandes dimensiones y atípicos para las actuales características de la zona (cetáceos, escualos y pingüinos). Con lo cual, es necesario desarrollar una prospección paleontológica en el área.
- Finalmente, debe considerarse la situación costera en cuanto a las concesiones acuícolas existentes. Es necesario evitar zonas cercanas a lugares de este tipo de desarrollo de cultivos, tener en cuenta corrientes marinas y evitar zonas de costa "cerrada" que afecte al aumento de salinidad en la costa y afecte áreas protegidas cercanas.
- Se descarta preliminarmente Losa Amarilla y Playa La Virgen, dada la inmediatez a concesiones acuícolas, sitios arqueológicos, zonas de interés turístico y cercanía a áreas protegidas.

## Conclusiones:

- Se recomienda profundizar y elaborar un análisis específico mediante un Estudio de Impacto Ambiental de la **Alternativa A. Punta Padrones**.
- La alternativa A. Punta Padrones supone la mejor alternativa en cuanto a condiciones medioambientales; Uso del suelo y terreno, con menor afectación a zonas de interés arqueológico y/o zonas protegidas.
- La Alternativa **A. Punta Padrones** es considerada la localización con menor afectación a concesiones acuícolas existentes y mejor acceso al terreno y energía eléctrica.
- La alternativa **A. Punta Padrones**, cumple también con las características básicas necesarias para la implantación de una planta desaladora y las específicas para este proyecto:
  - ✓ Cercanía a la costa
  - ✓ Buena acceso al terreno
  - ✓ Acceso a suministro eléctrico
  - ✓ Buenas condiciones para el trazado de tubería
  - ✓ Terreno Fiscal
  - ✓ Espacio suficiente para crecimiento a futuro

**Por tanto, de acuerdo a las autoridades competentes, se ha contactado con Bienes Nacionales y ha quedado reservado un espacio de 8,25 ha dentro del área de Punta Padrones para la construcción de la Planta Desaladora de Copiapó.**

**Se puede observar el área seleccionada en el Mapa 2 dentro de la presente sección.**

## 2.7 Localización seleccionada

El espacio indicado en las siguientes imágenes ha quedado reservado, consistente en un área de 8,25 ha dentro de la zona de Punta Padrones, para la construcción de la Planta Desaladora de Copiapó.



Mapa 2. Lugar seleccionado para planta Desaladora



Mapa 3. Espacio reservado para la planta desaladora

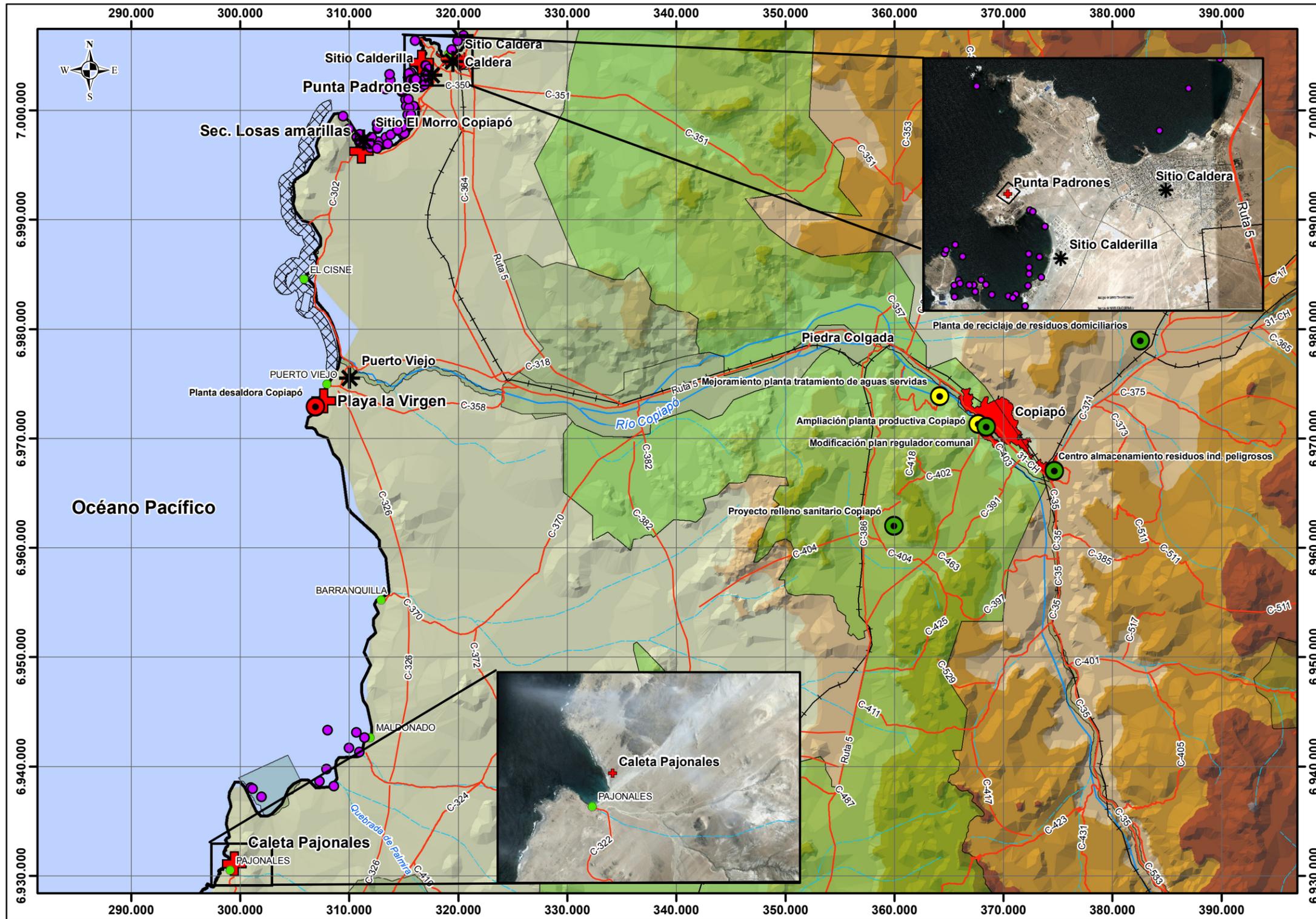


Mapa 4. Perspectiva ubicación planta desaladora



Ejemplo de una planta desaladora de capacidad similar  
Palmachim, Israel

# Carta Base ubicación proyecto Planta Desalinizadora

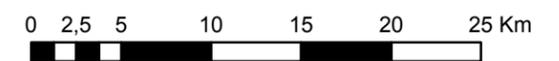


### Leyenda

- Red Vial
- Zona Urbana
- Vías Ferreas
- Quebradas
- Ríos
- Concesiones acuícolas
- Caletas
- + Alternativas de ubicación proyecto

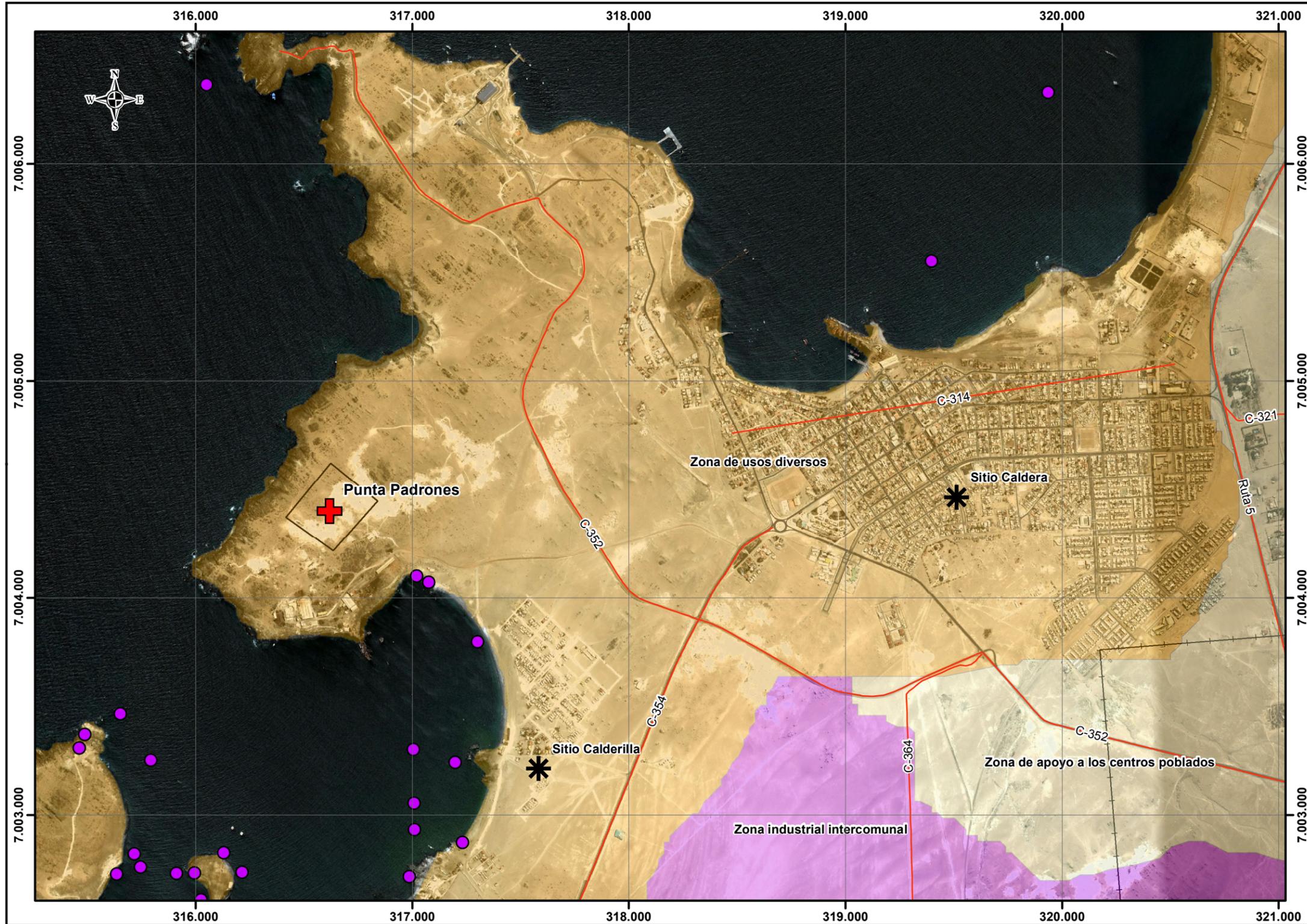
**Proyectos en la zona según SEA**

- Aprobado
- En calificación
- Rechazado
- \* Sitios Arqueológicos
- Áreas Marinas Costeras Protegidas
- Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad
- Sitios Definidos en Estrategias Regionales de Biodiversidad
- Elevaciones entre 0 y 570 metros
- Elevaciones entre 571 y 920 metros
- Elevaciones entre 921 y 1490 metros
- Elevaciones entre 1491 y 2440 metros



DATOS GEODÉSICOS: Elipsoide: GRS80  Datum: WGS84	<b>ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD PLANTA DESALINIZADORA COPIAPÓ REGIÓN DE ATACAMA</b>	
DATOS CARTOGRAFICOS: Proyección: UTM, huso 19 Fuentes de información: Cartografía IGM(1:250.000)	INFRAESTRUCTURA Y ECOLOGÍA S.L.	Contenido: Cartografía base: Alternativas de ubicación Planta Desalinizadora Copiapó  Escala: 1:400.000 Fecha: Junio de 2012   Cartografía nº 1

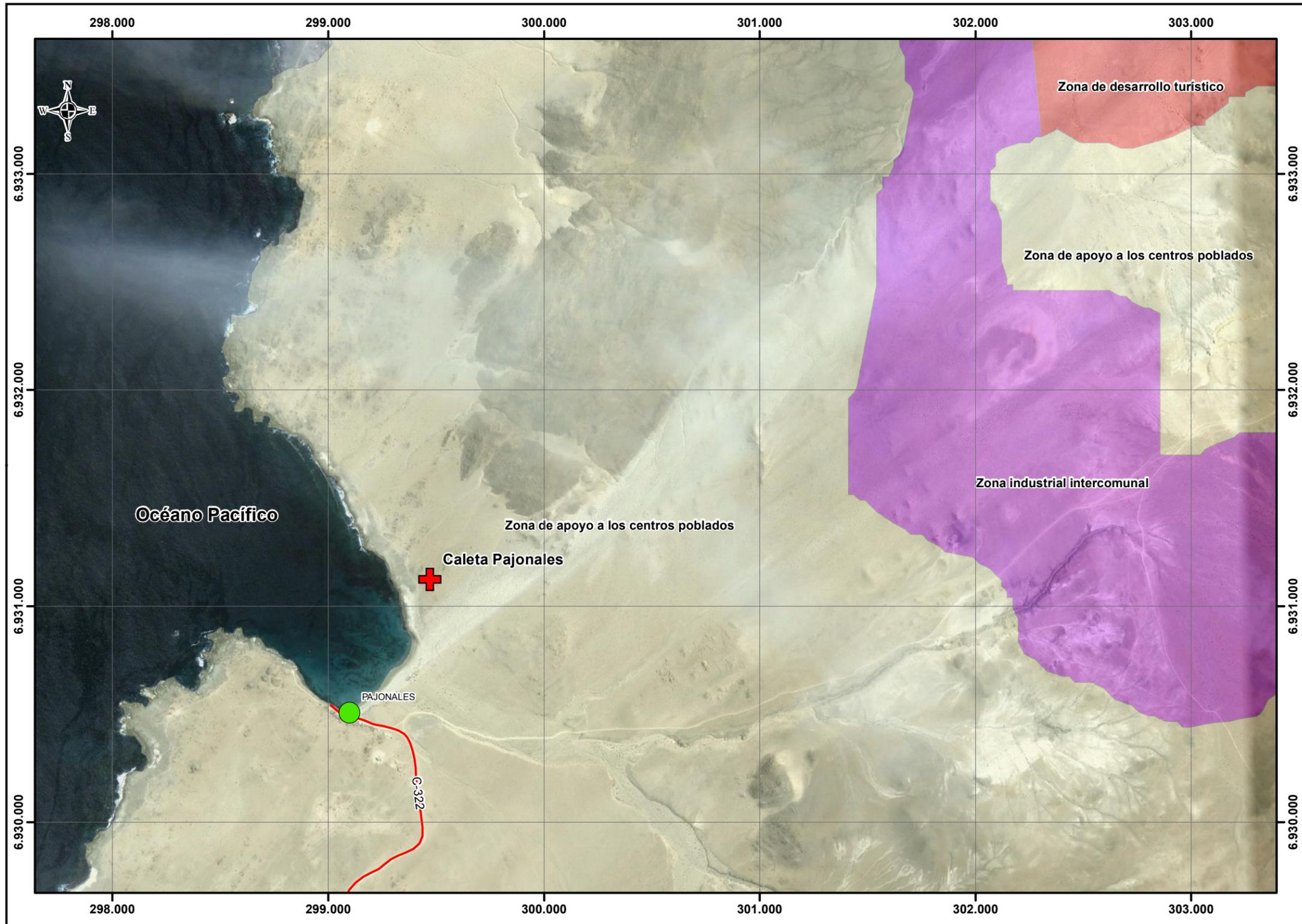
# Cartografía ubicación Alternativa n° 1 Punta Padrones



DATOS GEODESICOS: Elipsoide: GRS80		ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD PLANTA DESALINIZADORA COPIAPÓ REGIÓN DE ATACAMA	
Datum: WGS84			
DATOS CARTOGRAFICOS: Proyección: UTM, huso 19		Contenido: Alternativa n° 1: Punta Padrones	
Fuentes de información: Cartografía IGM(1:250.000)		Escala: 1:20.000	
		Fecha: Junio de 2012 Cartografía n° 2	

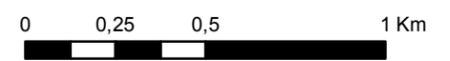


# Cartografía ubicación Alternativa n° 2 Caleta Pajonales



### Leyenda

- Red Vial
- Caletas
- Locaciones tentativas
- Plan Regulador Intercomunal**
- Zona de apoyo a los centros poblados
- Zona de desarrollo turístico
- Zona industrial intercomunal



DATOS GEODÉSICOS:	
Elipsoide: GRS80	
Datum: WGS84	
DATOS CARTOGRÁFICOS:	
Proyección: UTM, huso 19	
Fuentes de información: Cartografía IGM(1:250.000)	

ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD PLANTA DESALINIZADORA COPIAPÓ REGIÓN DE ATACAMA	
 INFRAESTRUCTURA Y ECOLOGÍA S.L.	Contenido: Alternativa n° 2: Caleta pajonales
	Escala: 1:20.000
	Fecha: Junio de 2012   Cartografía n° 3

## 3. Planta Desaladora

Se han realizado dos análisis de agua en la zona para determinar la calidad de las aguas en la zona de estudio.

El estudio está basado en una capacidad de planta de 100.000 m<sup>3</sup>/día (1.157 litros por segundo o lps), con diseño modular, ampliable a 200.000 m<sup>3</sup>/día (2.315 lps) en base a la demanda encontrada.

Sin embargo, desde el comienzo del estudio se recomienda tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Sobredimensionar la obra marina e impulsión (2.315 lps)
- Reserva de terreno para capacidad máxima
- Primera fase Desaladora para demanda inicial (1.157 lps)

Junto con el presente estudio de prefactibilidad se estudiarán, en el apartado 5, costes detallados de CAPEX Y OPEX.

Este estudio es resumido y preliminar. Para tener un detalle completo y exhaustivo del diseño, proceso y costos detallados, es necesario, una vez finalizada esta fase de estudio, comenzar con el estudio de ingeniería básica del proyecto.



### 3.1 Capacidad Recomendada

Este documento describe los aspectos técnicos de un proyecto concebido para el suministro de agua potable que permita cubrir la demanda actual y futura de la ciudad de Copiapó, así como Caldera y Chañaral, por desalación de agua de mar.

El proyecto está diseñado para proporcionar inicialmente una cantidad de 100.000 m<sup>3</sup> de agua potable por día (1.157 litros por segundo), y ampliarse modularmente para llegar a producir 200.000 m<sup>3</sup>/día en el futuro (2.315 litros por segundo).

El lugar para la construcción de las instalaciones de desalación está previsto que sea en la zona industrial cercana al puerto de Caldera, concretamente entre Punta Padrones y Punta Zorro (ver sección específica sobre localización), desde donde el

agua será bombeada 80 km cuesta arriba a la ciudad capital de la región, Copiapó (400 metros sobre el nivel del mar). Este estudio incluye la tubería de conducción de agua producto y sus estaciones de bombas asociadas y estanques de regulación. Las instalaciones de la interfaz para recibir el agua por las industrias y obras de agua municipal local están fuera del alcance de este estudio.

La desaladora de agua de mar propuesta está siendo concebida como una instalación de suministro de agua de carga base, diseñada para suministrar 100.000 m<sup>3</sup>/día durante todo el año. Asumiendo el 93,3% de disponibilidad, la máxima capacidad nominal de diseño será 107.200m<sup>3</sup>/día que corresponden a 4.467 m<sup>3</sup>/h tanto en verano como en invierno. La planta se diseñará para permitir reducir instantáneamente la capacidad de producción a 1/3 de su máximo nominal, si por cualquier motivo el sistema de entrega no fuera capaz de absorber su caudal de plena producción. Se espera que la capacidad de producción de la planta sea duplicada en el futuro. Se recomienda que las instalaciones periféricas de la planta, es decir, la estación de elevación de agua de mar, la planta de remineralización y la de tratamiento de lodos, sean diseñadas para permitir dicha expansión con un mínimo de interrupciones en el funcionamiento de la primera planta.

Dada la incertidumbre con respecto a la demanda potencial para la producción de la planta desaladora, se han considerado diferentes tamaños para la planta.

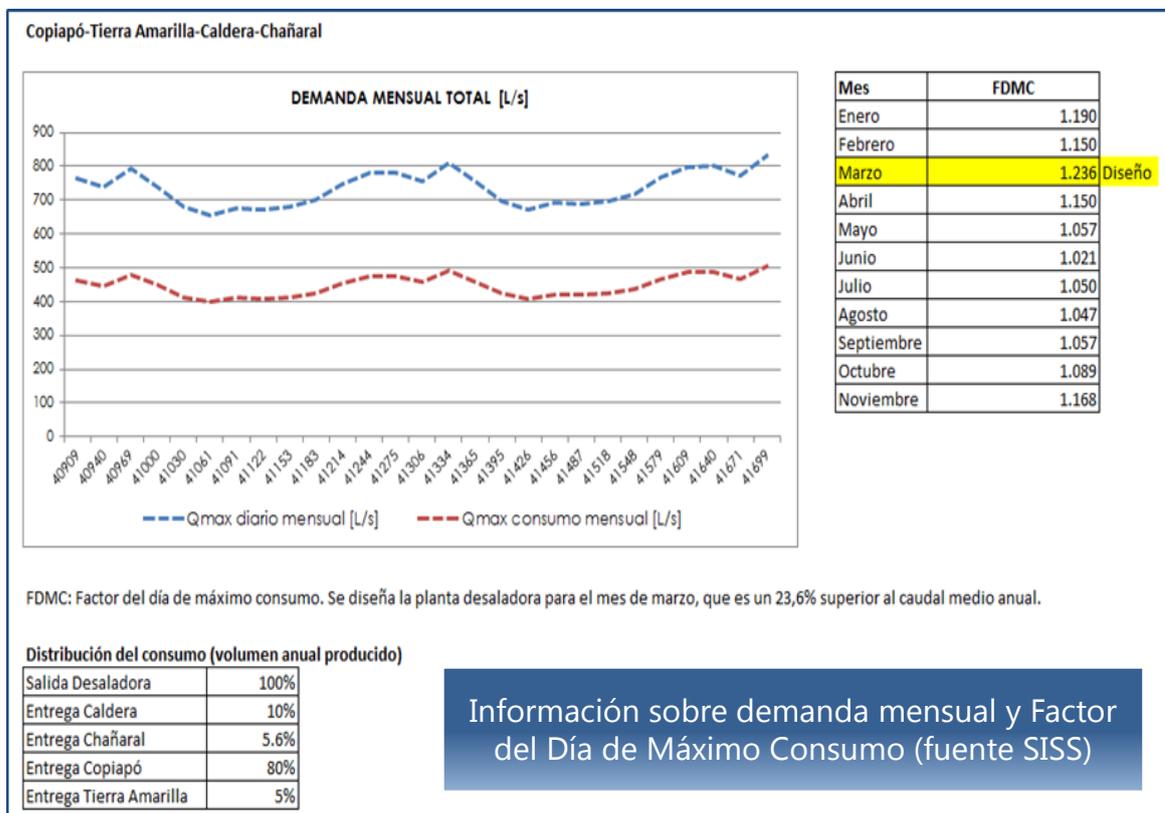
### Demanda Local Municipal vs Demanda Industrial Privada

- Una planta desaladora de 100.000 m<sup>3</sup>/día se considera suficiente para cubrir la demanda de agua local de consumo humano para Copiapó.
- Unos 100.000 m<sup>3</sup>/día adicionales se podrían requerir para satisfacer la demanda de los consumidores de agua industrial, en particular las empresas mineras
- Mientras el Gobierno regional podría comprometerse al *off take* de agua para consumo doméstico y comercial de 100.000 m<sup>3</sup>/día, no es fácil que pueda comprometerse con respecto a la demanda de agua industrial. Existen diferentes maneras para manejar el riesgo de demanda resultante de proyecto, que se analizan a continuación.

## Opciones Comerciales para hacer frente a los riesgos de demanda

- Adquisición de una planta de 100.000 m<sup>3</sup>/día de producción (demanda pública únicamente).
- Adquisición de una instalación de mayor capacidad, con el sector público garantizando la demanda de *off takers* privados. El sector público puede optar por firmar acuerdos de *off take* con empresas privadas antes de la licitación de la planta.
- Los ofertantes pueden decidir sobre el tamaño de la instalación a construir basándose en sus perspectivas de demanda futura
- El sector público firma acuerdos *off take* con empresas privadas, asignando esos contratos a la ganadora de la licitación – los acuerdos formarán parte de los documentos de licitación. Los ofertantes pueden decidir sobre el tamaño de las instalaciones a construir

En definitiva, podría existir suficiente demanda de agua para justificar una planta de 200.000 m<sup>3</sup>/día (o incluso mayor), pero la licitación de una planta de este tamaño requiere que el sector público asuma riesgos adicionales del proyecto.



En base a esto, se recomienda iniciar el proyecto con una capacidad de producción inicial de **100.000 m<sup>3</sup>/día**, y **ampliarse modularmente para llegar a 200.000 m<sup>3</sup>/día**

La capacidad del Gobierno para asumir el riesgo de demanda dependerá de dos variables principales:

- ♦ En qué medida puede el Gobierno restringir o desalentar el uso de fuentes alternativas de agua (por ejemplo, introducir tarifas o penalizaciones por bombear agua de acuíferos);
- ♦ En qué medida puede el Gobierno negociar eficazmente contratos off-take a largo plazo con empresas del sector privado

Dependiendo de la posición en relación con estas dos variables se puede establecer la opción comercial óptima

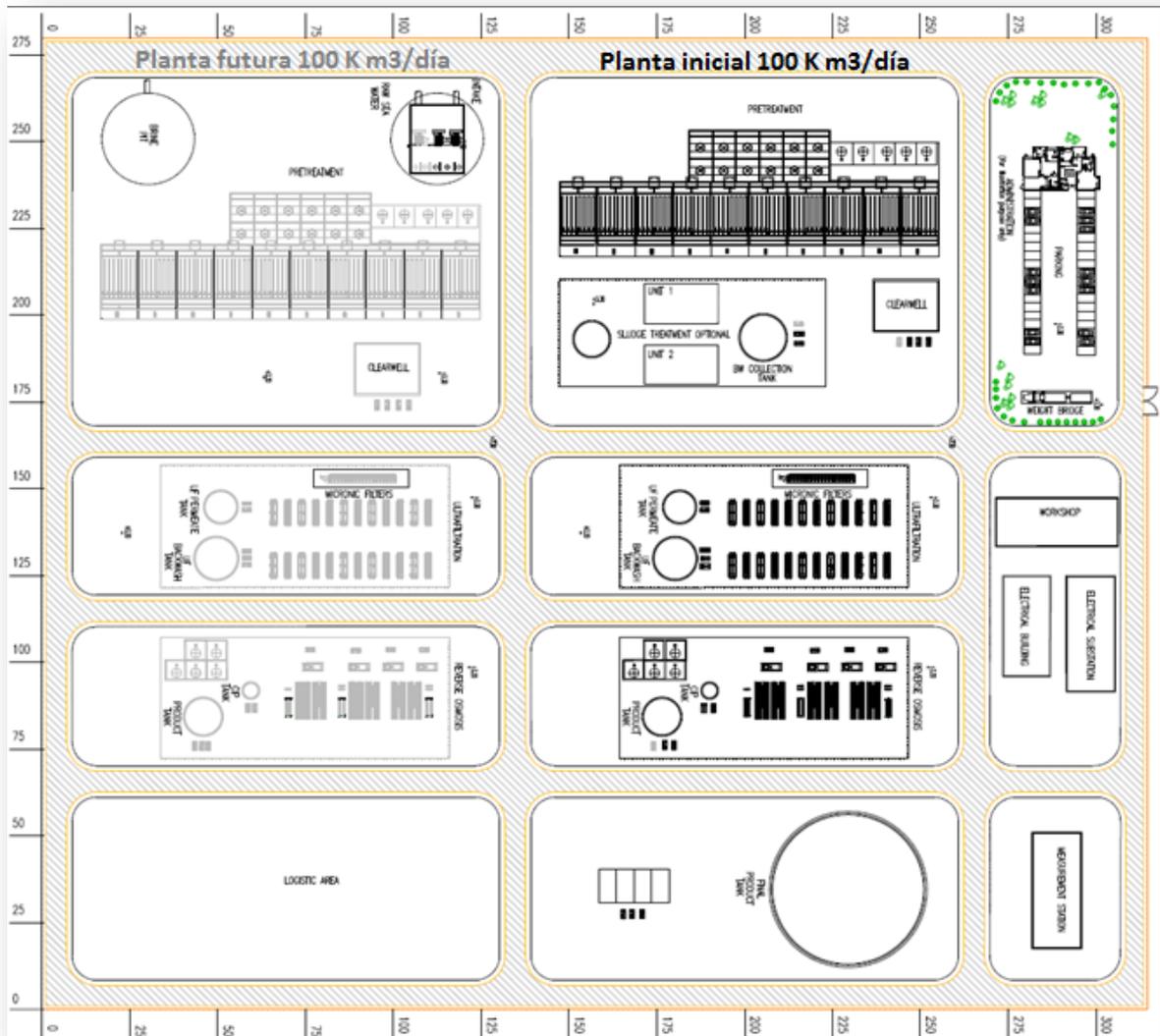
		<b>Capacidad del Gobierno para restringir el uso de fuentes alternativas de agua</b>	
		<b>Alta</b>	<b>Baja</b>
<b>Plazo necesario para llegar a acuerdos <i>off-take</i></b>	<b>Corto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Licitación para una instalación de 200.000 m<sup>3</sup>/día (asumiendo que es el volumen de contratos firmados)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Acuerdos <i>off-take</i> forman parte de los documentos de licitación</li> <li>▪ En consecuencia el ofertante decidirá sobre tamaño de instalación</li> </ul>
	<b>Largo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gobierno se compromete en el contrato de concesión para desalentar el uso de fuentes alternativas de agua</li> <li>▪ Los ofertantes deciden el tamaño de la instalación y negocian con los potenciales usuarios del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Licitación para una instalación de 100.000 m<sup>3</sup>/día</li> </ul>

### **Resumen Capacidad Recomendada:**

- **100.000 m<sup>3</sup>/d – aprox. 1.200 litros por segundo**
  - Diseño estándar en mega desaladoras a nivel internacional
  - Riesgo de demanda razonable y asumible
  - Incluye demanda actual proyectada 2017 + margen amplio de crecimiento
- Diseño **ampliable a 200.000 m<sup>3</sup>/d**
- **Obra marina sobredimensionada** (captación para producir 200.000 m<sup>3</sup>/día)
- Tubería de conducción 48" (1.200mm), diseñada para 150.000 m<sup>3</sup>/d  
→ **1.5 veces la capacidad de producción inicial**



## 3.2 Layout Desaladora



### Características Básicas:

- ✓ 300m X 275m
- ✓ 82,500 m<sup>2</sup>
- ✓ 8.25 Ha
- ✓ Diseñado para 2 X 100.000 m<sup>3</sup> /d
- ✓ Pre-tratamiento intenso
- ✓ Modularidad
- ✓ *Footprint* reducido

### 3.3 Descripción del proceso

Este documento describe los aspectos técnicos de un proyecto concebido para el suministro de agua potable que permita cubrir la demanda actual y futura de la ciudad de Copiapó, así como Caldera y Chañaral, por desalación de agua de mar. El proyecto está diseñado para proporcionar inicialmente una cantidad de 100.000 m<sup>3</sup> de agua potable por día (1.157 litros por segundo), y ampliarse modularmente para llegar a producir 200.000 m<sup>3</sup>/día en el futuro (2.315 litros por segundo).

El lugar para la construcción de las instalaciones de desalación está previsto que sea en la zona industrial cercana al puerto de Caldera, concretamente entre Punta Padrones y Punta Zorro (ver sección específica sobre localización), desde donde el agua será bombeada 80 km cuesta arriba a la ciudad capital de la región, Copiapó (400 msnm). Este estudio, en la Sección 4, incluye el análisis de la tubería de conducción de agua producto y sus estaciones de bombas asociadas y estanques de regulación. Las instalaciones de la interfaz para recibir el agua por las industrias y obras de agua municipal local están fuera del alcance de este estudio.

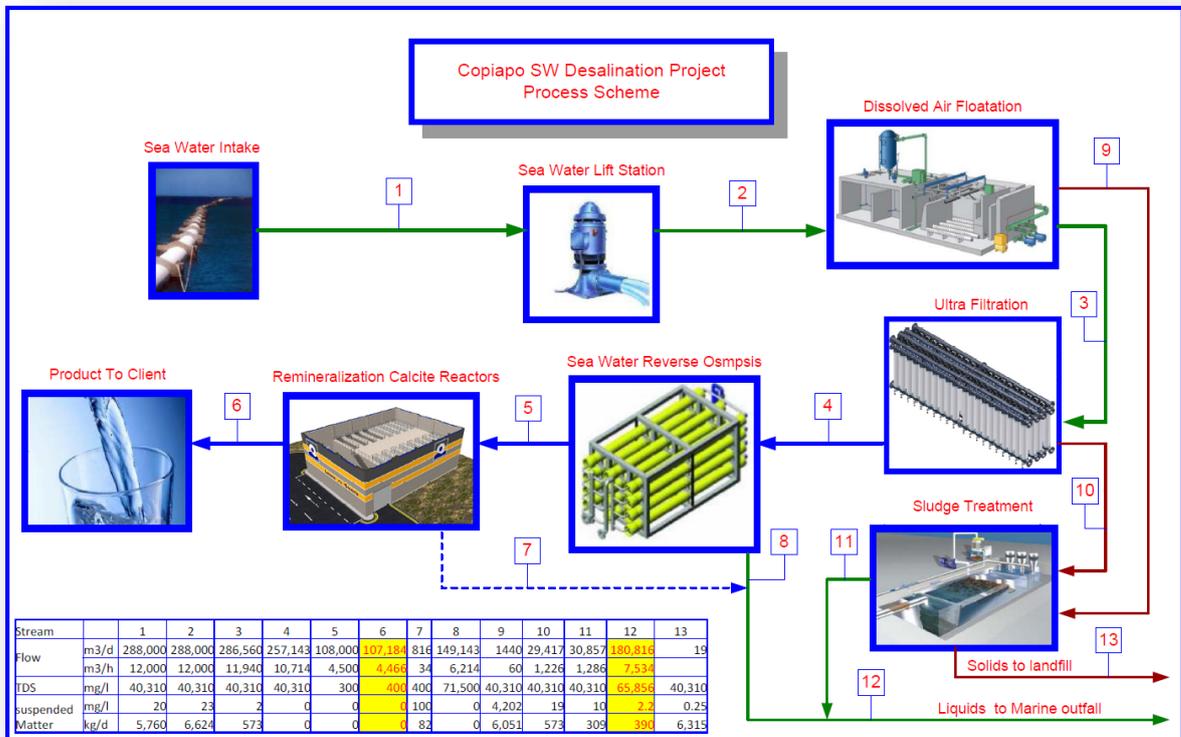


Diagrama 1. Esquema de Proceso de Desaladora Copiapó y Balance de Masas

### 3.3.1 Objetivos Técnicos del proyecto

#### Objetivos Cuantitativos

La desaladora de agua de mar propuesta está siendo concebida como una instalación de suministro de agua de carga base, diseñada para suministrar 100.000 m<sup>3</sup>/día durante todo el año. Asumiendo el 93,3% de disponibilidad, la máxima capacidad nominal de diseño será 107.200 m<sup>3</sup>/día que corresponden a 4,467 m<sup>3</sup>/h tanto en verano como en invierno. La planta se diseñará para permitir reducir instantáneamente la capacidad de producción a 1/3 de su máximo nominal, si por cualquier motivo el sistema de entrega no fuera capaz de absorber su caudal de plena producción. Se espera que la capacidad de producción de la planta sea duplicada (o incluso triplicada) en el futuro. Se recomienda que las instalaciones periféricas de la planta, es decir, la estación de elevación de agua de mar, la planta de remineralización y la de tratamiento de lodos, sean diseñadas para permitir dicha expansión con un mínimo de interrupciones en el funcionamiento de la primera planta.

#### Objetivos de Calidad de Agua

La calidad del agua potable producida se ajustará a la norma oficial Chilena para estándares de agua potable "**NORMA CHILENA OFICIAL NCh 409/1.Of.2005**". Los principales parámetros especificados por el estándar se muestran a continuación en la tabla 1

Tabla No. 1: Estándares de Calidad de Agua Producto

No.	Parámetro	Unidad	Valor Límite
1	pH		6 - 9
2	TDS – Sólidos Totales Disueltos	mg/L	<1500
3	Turbiedad	NTU	≤2.0
4	Cloro libre	mg/L	0.2-2.0
5	Cd	mg/L	<0.01
6	Cr total	mg/L	<0.05
7	F-	mg/L	<1.5
8	Pb	mg/L	<0.05
9	Zn	mg/L	<3.0
10	Cu	mg/L	<2.0
11	Fe	mg/L	<0.3
12	Mn	mg/L	<0.1
13	Hg	mg/L	<0.001

14	CN-	mg/L	<0.05
15	Compuestos fenólicos	µg/L	<2
16	Nitratos	mg/L	<50
17	Nitritos	mg/L	<3.0
18	Color	Pt-Co	<20
19	Olor y sabor		inodora e insípida
20	Cloruros	mg/L Cl	<400
21	Sulfato	mg/L SO <sub>4</sub>	<500
22	Coliformes totales	cfu/100mg	ausencia en 100 mL
23	Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	<1.5
24	Calcio	mg/L	
25	Magnesio	mg/L	<125

Esta norma permite el uso potable de agua con salinidad relativamente alta. La salinidad máxima aceptable que se refleja en el valor TDS (sólidos totales disueltos) es de 1.500 mg/l, que es 3 veces superior al valor TDS (de 500 mg/l) recomendado por la UNESCO OMS (Organización Mundial de la Salud). Con el diseño propuesto para esta Desaladora, los sólidos totales disueltos (TDS) del agua desalada no superará el valor de 500 mg/l en cualquier momento. Un análisis detallado proyectado del agua producto de la planta de desalación se incluye en la Tabla 2 abajo.

Hay que señalar que el agua producto producido por las membranas de las plantas de desalación de agua de mar contiene boro en niveles que son entre 1.0 a 2.0 mg/l. El boro es inocuo para las personas, pero a estos niveles puede tener un efecto negativo sobre las plantas, especialmente ciertos cultivos sensibles (principalmente cítricos y otros árboles frutales). Si alguna parte de la producción va a ser destinada para el riego, debe ser tratada adicionalmente para la reducción específica de boro, como parte del postratamiento en la planta de desalación. Esto significaría un incremento en el costo de la planta y sus gastos de operación.

Clasificación	Sensible	Semitolerante	Tolerante
Concentración de boro	0,30-1,00 mg/l	1,00-2,05 mg/l	2,05-4,00 mg/l
Especies	Manzano Cerezo Limonero Naranja Peral Melocotonero Pomelo Aguacate Albaricoquero Higuera Vid Ciruelo Judías	Cebada Alfalfa Repollo Zanahoria Lechuga Cebolla Patata Calabaza Espinaca Tabaco Olivo Rosal Tomate Trigo	Espárrago Algodón Pepino Gladiolo Sésamo Tulipán Remolacha Haba Pasto Menta Centeno

Clasificación de cultivos según su tolerancia al boro  
(Muñoz y col., 2002)

### Objetivos Técnicos

- Utilización de tecnología y equipamiento de vanguardia y con demostrada fiabilidad
- Proporcionar suficiente redundancia y disponibilidad
- Minimizar el consumo energético
- Seleccionar materiales adecuados para el correcto funcionamiento de la planta por muchos años (minimizar el coste total del ciclo de vida "life-cycle-cost", así como potenciales problemas de operación)
- Minimizar el uso de productos químicos
- Protección del Medio Ambiente

Tabla No. 2: Análisis Mineral del Agua de Mar Bruta y proyección de calidad de Agua Desalada

Item	Unit	Agua de Mar Bruta		Agua Producto		Producto Estabilizado	
		Ppm	eq/l	ppm	eq/l	ppm	eq/l
Temperatura	°C	23.00		23.00		23.00	
pH		8.1		6.31		8.20	
TDS (Sólidos Totales Disueltos)	mg/L	40310		304.76		399	
Dureza (as CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	6341.5		11.9		70	
Alcalinidad (as CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	127		3		61	
		Ppm	eq/l	ppm	eq/l	ppm	eq/l
Amoniaco	mg/L	0	0.0	0.00	0.000	0.0	0.000
Potasio	mg/L	498.8	12.8	4.86	0.124	4.9	0.124
Sodio	mg/L	12719.7	553.3	107.37	4.670	107.4	4.670
Magnesio	mg/L	1249.9	102.9	2.36	0.194	2.4	0.194
Calcio	mg/L	473.2	23.6	0.88	0.044	24.0	1.198
Estroncio	µg/L	12.04	0.3	0.03	0.001	0.0	0.001
Bario	µg/L	0.02	0.0	0.00	0.000	0.0	0.000
Total cationes	meq/L		692.8		5.033		6.187
Carbonato	mg/L		0.000	0.00	0.000	0.0	0.000
Bicarbonato	mg/L	148	2.426	1.77	0.029	73.0	1.197
Nitrato as (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0.63	0.0	0.05	0.001	0.1	0.001
Cloruros	mg/L	22421.81	632.4	175.86	4.961	175.9	4.961
Fluoruros	mg/L	1.3	0.1	0.01	0.001	0.0	0.001
Sulfato	mg/L	2783	57.9	2.12	0.044	2.1	0.044
Sílice	mg/L	1.34		0.01		0.0	
Boro	mg/L	5.66	0.1047	1.53	0.028	1.5	0.028
Total aniones	meq/L		692.9		5.035		6.203
Dióxido de carbono	mg/L			0.43		0.7	
TDS check	mg/L	40315		296.85		391.2	

### 3.3.2 Característica del Agua Bruta

Tabla No. 3 Impurezas y otras características del Agua de Mar Bruta

Temperatura	13-23°C
Solidos Totales en Suspensión	<50 ppm
Turbiedad	<15 NTU
Aceites y Grasas	<1.00 ppm
Carbón Orgánico Total (COT):	2 ppm
Demanda Química de Oxígeno (COD):	5 ppm O <sub>2</sub>
Ph	7.8-8.2

La clave para la operación exitosa de cualquier planta de desalación de agua de mar por membranas es la calidad (limpieza) del agua de entrada que recibe. Las impurezas en el agua de mar dictan las operaciones requeridas para el correcto pre-tratamiento, que tiene la finalidad de proporcionar agua de buena calidad (correctamente limpia) de alimentación a las membranas de ósmosis inversa (RO).

La composición mineral del agua de mar se presenta junto con los análisis proyectados del agua producto en la Tabla 2. La Tabla 3 anterior presenta la información actualmente conocida sobre las impurezas del agua de mar local. Asumiendo los datos de la Tabla 3, se recomienda un énfasis importante en el diseño de la etapa de pre-tratamiento.

#### **Recomendaciones:**

Teniendo entre las consideraciones los posibles fenómenos de "marea roja" en la región y el nivel de información actual sobre calidad del agua, recomendamos un pre-tratamiento intenso, que constará de las siguientes operaciones unitarias:

- Coagulación y Floculación
- DAF (Dissolved Air Flotation)
- ADF (Automatic Disc Filter)
- UF (Ultra Filtración)

Este enfoque debería reconsiderarse una vez se disponga de información más precisa.

### 3.3.3 Toma de mar Abierta

El agua de mar bruta es captada y conducida a la planta por las instalaciones de *intake* o toma de mar. Estas incluyen:

- Toma de succión off-shore. La toma de succión se encuentra bajo el agua a una profundidad de aproximadamente 19 metros bajo el nivel del mar y 4 metros sobre el lecho marino, reduciendo así los riesgos de absorber petróleo o hidrocarburos flotantes alrededor de la planta desaladora, que pueden dañar las membranas.
- Tuberías de aspiración marinas y terrestres, que conectan la toma de succión con la estación de elevación de agua de mar, que puede ser en la playa, o preferiblemente dentro de las instalaciones de la planta desaladora.
- La estación de elevación de agua de mar estará equipada con 2 (1 trabajando + 1 en stand-by) bombas centrífugas verticales en super-duplex, impulsadas por variadores de frecuencia (VFDs). Las tuberías de aspiración conectan con la parte inferior del pozo de succión de las bombas de elevación a entre -5 y -9 metros bajo el nivel del mar. Las bombas ascienden el agua de mar hasta la sección de pre-tratamiento.

### 3.3.4 Pre-Tratamiento

Como se mencionó anteriormente, se evaluaron varias alternativas de pre-tratamiento de SWRO, encontrando que la mejor opción es Dissolved Air Flotation (DAF) con sub sistemas de coagulación / floculación integral + disco de filtrado automático (Automatic Disc Filter ó ADF) + Ultrafiltración (UF). Debido a la alta fuerza iónica del agua de mar, la compresión de la capa Stern puede afectar sustancialmente no sólo a la química de coagulación, debido a mayores fuerzas repulsivas, sino también la fortaleza de los flóculos que se forman. Varias investigaciones indican que una interfaz aire-agua absorbe preferentemente proteínas en agua con alta fuerza iónica. El uso de DAF como pre-tratamiento en la desalación de agua de mar posee ventajas adicionales sobre los medios convencionales o incluso la filtración avanzada por membranas, ya que reduce principalmente proteínas asociadas al ensuciamiento o "fouling" de las membranas de ósmosis.

Importantes estudios y aplicaciones a gran escala de sistemas DAF en pre-tratamiento de agua de mar han demostrado que el DAF puede mejorar considerablemente el rendimiento de los procesos aguas abajo de esta unidad, tales como procesos de filtración de ADF y UF, y que se han conseguido resultados

de SDI (Silt Density Index) por debajo de 3, sobre una amplia gama de parámetros de operación durante el tratamiento de agua de mar con concentraciones de algas y zooplancton entre moderadas y altas. También está demostrado que el DAF puede alcanzar en promedio un 30-40% de extracción de compuestos orgánicos y proporcionar protección durante condiciones de mar agitado, durante derrames de aceite e hidrocarburos para eliminar gotas micrónicas de aceite, y durante procesos de florecimiento de algas y plancton. Ejemplos de referencias son: Cleveland 2002, Braghetta 1997, Huijbregsen 2005, El Coloso, Chile 2003, Taweelah Abu Dhabi, 2003 y Tuas Singapur 2009.

De hecho, durante el verano de 2008, todas las plantas de desalación por membranas del Golfo Pérsico tuvieron que interrumpir sus operaciones durante una floración de algas rojas, con la excepción de las dos plantas que utilizan DAF como primer paso en el pre-tratamiento.

Después de una evaluación y consideración cuidadosa de otros sistemas de pre-tratamiento y nuestras propias investigaciones, llegamos a la conclusión de que la opción más sólida, idónea y eficiente como pre-tratamiento para la desaladora de Copiapó es DAF + ADF + UF.

#### 3.3.4.1. Coagulación y Floculación

El funcionamiento eficiente del sistema DAF + ADF requiere que las partículas más pequeñas en el agua de mar sean floculadas. La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso se suele hablar de procesos de coagulación-floculación. Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales.

La coagulación inicial se realiza mediante la inyección de solución de sulfato o cloruro férrico.

- La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.
- La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en floculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes contruidos para este fin, denominados sedimentadores.

Un mezclador estático se instalará en la tubería de agua de mar para la mezcla de coagulantes. El canal de distribución será diseñado para distribuir uniformemente los flujos entrantes a cada una de las cámaras mecánicas de floculación.

La planta tiene 6 células mecánicas de floculación de doble etapa. Estas son ligeramente agitadas, para permitir que los flóculos crezcan. Los recipientes o tanques de floculación tienen un tiempo de contacto de 20 minutos a caudal máximo de agua de mar.

Nuestra experiencia ha demostrado que durante condiciones severas de agua de mar, mayor tiempo de contacto y agitación lenta favorecen los mejores resultados en la formación de flóculos y en la reducción de cargas de partículas ligeras y materia orgánica.

El agua floculada a continuación se desborda, a través de un canal de distribución, en el fondo de las células DAF, donde el agua floculada se mezcla con el agua de mar saturada de aire.

#### 3.3.4.2. DISSOLVED AIR FLOTATION (DAF)

La tecnología DAF fue inicialmente patentada en 1924 por Peterson y Sveen para la separación de la fibra en la industria de pulpa y papel. El proceso fue utilizado por primera vez para el tratamiento de agua potable en Suecia en 1960 y ha sido ampliamente utilizado en Escandinavia y el Reino Unido por más de 30 años. En los últimos 10 años, el sistema DAF ha sido evaluado e instalado en muchas instalaciones de ósmosis inversa de agua de mar, como pre-tratamiento.

En la flotación, los efectos de asentamiento inherentes a la gravedad son compensados por las fuerzas de ascenso de pequeñas burbujas de aire (micro-burbujas). Estas burbujas de aire se introducen en el agua floculada, donde se adhieren a las partículas de flóculos que flotan a la superficie.



Un asentamiento efectivo de partículas por gravedad requiere que sean desestabilizadas, coaguladas y floculadas utilizando los coagulantes óptimos. Lo mismo es cierto para el sistema DAF. En la solución de gravedad, el proceso de floculación debe ser diseñado para crear flóculos grandes y pesados que se depositan en la parte inferior del depósito. En el sistema DAF, la floculación está

diseñada para crear un gran número de pequeñas partículas de flóculos que puedan ascender flotando a la superficie.

Para una flotación eficiente, las partículas floculadas deben estar en contacto con un gran número de burbujas de aire. Tres mecanismos trabajan en este proceso de conexión aire/flóculo:

- 1) adhesión de burbujas de aire en la superficie del flóculo
- 2) atrapamiento de burbujas bajo el flóculo
- 3) absorción de burbujas en la estructura del flóculo

El tamaño de las burbujas de aire es muy importante. Si las burbujas son demasiado grandes, la tasa de ascenso resultante será muy rápida y superará los requisitos de flujo laminar, provocando un rendimiento deficiente. Si las burbujas son demasiado pequeñas, dará como resultado una tasa de ascenso baja y se necesitarán tanques más grandes.

Con nuestro sistema propuesto de DAF, el agua floculada se introduce uniformemente a través del extremo del tanque, cerca de la parte inferior, en la zona de dispersión del reciclado. El reciclado se introduce continuamente a través de un sistema de distribución. Nuestro diseño permite hasta un 10% de tasa de reciclado. Cuando la presión del caudal de reciclados reduce repentinamente de su presión de operación entre 60 a 90 psi (414 a 620 kPa) a presión atmosférica, se libera aire saturado dentro de la secuencia de reciclado en forma de micro-burbujas, con un rango de tamaño de 10 a 100  $\mu\text{m}$  (con un promedio de entre 40 a 50  $\mu\text{m}$ ). Las micro-burbujas se fijan al material floculado causando su flotación a la superficie.

En la superficie, la burbuja-flóculo forma una capa estable y en constante crecimiento de materia flotante. Si se deja en la superficie, la materia flotante puede espesar hasta llegar a entre un 3% y un 6% de sólidos secos, que se eliminan del proceso DAF con un skimmer mecánico o hidráulico.

La planta utilizará un total de 12 unidades DAF. Cada unidad DAF tiene una bomba de reciclado y un Saturador. El conjunto de unidades DAF utilizan dos compresores de aire (sin aceite) en funcionamiento y uno en stand-by.

### 3.3.4.3. AUTOMATIC DISC FILTER (ADF)

El filtro de disco automático se utiliza para la eliminación de sólidos en suspensión, con filtración de 200 micras.

La planta utiliza 12 baterías de filtros ADF, 11 en modo filtración y 1 fuera de servicio (habitualmente en modo retro lavado). Tres (2 en funcionamiento + 1 en espera) bombas centrífugas de alimentación, equipadas con variador de frecuencia o VFD, alimentan los filtros ADF. Los VFD son necesarios para el control de caudal adecuado, teniendo en cuenta el funcionamiento correcto de los filtros ADF y la reducción al mínimo del consumo energético.

#### Limpieza de Automatic Disc Filter

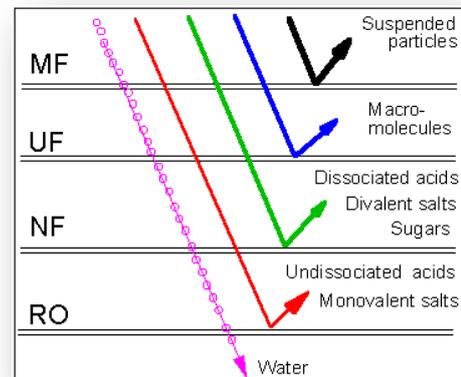
La caída de presión (pérdida de carga) diferencial en cada unidad de filtro de disco automático determina la necesidad de retro lavado. El retro lavado es un proceso automático controlado por dos válvulas en on/off en los lados de alimentación y de producto de cada unidad ADF individual. El lavado se hace con agua de proceso y el agua del retro lavado se descarga al tanque de recolección de agua de backwash (BW) o retro lavado.

### 3.3.4.4. ULTRAFILTRACIÓN

#### Sistema de Ultrafiltración

La ultrafiltración es un proceso de purificación por presión en el que el agua y sustancias de bajo peso molecular permean (traspasan) la membrana, mientras que partículas, coloides, macromoléculas y patógenos tales como bacterias, virus y quistes son filtrados (eliminados). Generalmente se utilizan membranas con tamaño de poro en el rango de 0,1 a 0,01 micras.

Las membranas de ultrafiltración proporcionan una filtración del agua mediante la exclusión por tamaño físico, resultando en un suministro constante de agua tratada de alta calidad independientemente de la calidad de entrada.



La planta utiliza 18 baterías de ultrafiltración, 16 en modo de filtración y 2 fuera de servicio (en CEB – Chemical Enhanced Backwash - y lavado a contracorriente o contra lavado). El agua filtrada desde los equipos ADF fluye directamente a la ultrafiltración, sin bombeo adicional.

Se requieren válvulas de control de caudal en las líneas de alimentación a las unidades individuales de UF para la distribución de caudales adecuada entre las unidades.

La filtración en la membrana se produce de dentro hacia fuera, lo que significa que las sustancias son retenidas en la superficie interna de las membranas UF.

La mayor parte del permeado de la UF fluye directamente al sistema de ósmosis inversa, y el resto se recoge en un tanque de permeado de UF para necesidades de lavado posteriores.

### Limpieza de Membranas UF

Las membranas UF se limpian periódicamente mediante retro lavado (BW o Back Wash) y retro lavado químicamente mejorado (CEB). Durante el BW se limpian las membranas UF desde fuera hacia dentro con el concentrado de ósmosis inversa de agua de mar. Se instalarán 3 bombas de BW (2 en funcionamiento + 1 en stand-by). El agua resultante del BW se descarga al tanque de recolección de agua de BW.

Durante el CEB, las membranas UF se limpian desde fuera hacia dentro con parte del permeado (agua producto) y productos químicos que se introducen en el caudal. Cualquier sustancia adjunta a la superficie de la membrana UF se separa durante un proceso de baño químico por un tiempo limitado. Para este propósito, se instalarán dos bombas CEB (1 en funcionamiento + 1 en espera) y tres conjuntos de dosificación de químicos para ácido (HCL), soda cáustica (NaOH) e hipoclorito (NaOCl). El agua de CEB se descarga al tanque de recolección de agua de BW.

Mantener baja la presión trans-membrana (TMP) tiene varias ventajas. Se produce una compactación muy baja, de forma que restaurar el rendimiento de las membranas es fácil con retro lavados regulares y CEB. Una TMP baja también indica un bajo consumo energético.

## 3.3.5. SWRO (SEA WATER REVERSE OSMOSIS)

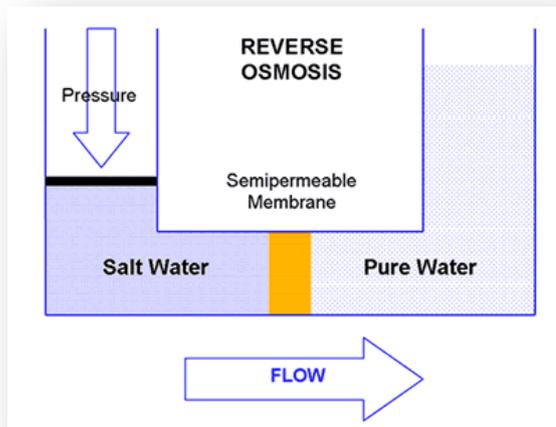
### Sistema SWRO

El proceso de ósmosis inversa contiene una membrana semipermeable a través de la cual se fuerza el agua presurizada. Los pequeños poros de la membrana de ósmosis inversa son restrictivos para compuestos orgánicos tales como la sal y otros minerales naturales, que generalmente tienen una composición



molecular más grande que el agua. Estos poros también son restrictivos para las bacterias y agentes patógenos causantes de enfermedades. El resultado final es agua desalada en un lado de la membrana ("permeado") y una solución salina de agua, altamente concentrada, en el otro lado ("concentrado o salmuera").

Diagrama No. 2: Dibujo esquemático de ósmosis inversa



El sistema de SWRO constará de 6 bastidores o trenes paralelos. Cada tren constará de 200 tubos de presión, cada uno con 8 elementos (membranas) para agua de mar, unas de bajo consumo energético y otras de alto rechazo.

En principio se considera un concepto de semi-centro de presión, diseñado para producir 4.500 m<sup>3</sup>/hora de agua producto, basado en 3 bombas de alta presión de 1.500 m<sup>3</sup>/hora, grandes y por consiguiente más eficientes. Cada bomba alimentará 2 bastidores de membranas, cada uno con su batería de recuperadores de energía Pressure Exchanger (PX) de ERI.

Los trenes de equipos PX se calcularán para manejar un 120% del caudal nominal, permitiendo así variaciones de conversión y flexibilidad en operación.

Este diseño puede funcionar con tres trenes en paralelo con aguas frías de invierno, con las válvulas de aislamiento cerradas, y como un centro de presión con 5 trenes de membranas cuando estén abiertas. También puede acomodar una bomba de alta presión instalada de repuesto, que podría reemplazar cualquier bomba que falle.

Cada bastidor de membranas será limpiado en el sitio (Clean In Place) individualmente.



**El sistema de SWRO tiene:**

- Bombas de alimentación SWRO
- Bombas de Alta Presión SWRO
- Sistemas de Recuperación de Energía avanzados

Diagrama 3. Balance de Caudales de SWRO

SWRO Design basis		42% recovery 13C FF=0.6
m3/day	m3/h	
108,000.0	4,500	RO Product
149,142.9	6,214	RO Brine
257,142.9	10,714	RO feed
0.75%	33.75	post treatment & losses
	<b>4,466</b>	Net delivery
42% Overall recovery		

**Limpieza de Membranas SWRO**

Durante la operación normal de la planta, tras un período de tiempo razonable, las membranas de ósmosis están sujetas a ensuciamiento, incluyendo incrustaciones por materiales suspendidos o escasamente solubles que pueden estar presentes en el agua de alimentación.

La naturaleza y la rapidez del ensuciamiento dependen de varios factores, tales como la calidad del agua de alimentación y la tasa de recuperación del sistema. Normalmente, el ensuciamiento es progresivo y, si no se controla pronto, será perjudicial para el rendimiento de las membranas en un tiempo relativamente corto. La limpieza debe ocurrir cuando el sistema muestra evidencias de ensuciamiento, justo antes de una parada de largo plazo, o como una cuestión de mantenimiento rutinario programado.

Cuando se aplica un *flushing*, las membranas se enjuagan con agua de permeado del tanque de producto. El agua de permeado fluye a través del sistema más rápidamente que durante la fase de producción. Debido a la rapidez del flujo y la

turbulencia resultante, las partículas que se encuentran adjuntas a las membranas son liberadas y descargadas. También se produce un shock osmótico, o de diferencia de salinidad, que previene el crecimiento de bacterias.

El procedimiento CIP (Clean In Place) es el mismo que el de *flushing* excepto por el uso de productos químicos. Los productos químicos de la CIP (NaOH y HCl dependiendo del nivel de ensuciamiento o incrustaciones) se añadirán al tanque CIP desde los tanques de almacenamiento de productos químicos.

La solución CIP usada será descargada al tanque de recolección de agua de BW.

### 3.3.6 Unidad de Remineralización

La instalación de remineralización consta de una batería de lechos de calcita que disuelven bicarbonato de calcio en el permeado de SWRO, que ha sido enriquecido con dióxido de carbono. El proceso agrega dureza de calcio y alcalinidad al agua desalada, que se convierte en más sabrosa y menos corrosiva para las tuberías.

### 3.3.7 Tanque de Agua Producto y Bombas de distribución

Se instalará un tanque en concreto de almacenamiento de agua producto final, con una capacidad de 20.000 m<sup>3</sup>. Soda cáustica se inyectará al producto final para el ajuste fino de pH e hipoclorito de sodio para desinfección.

Tres (2 funcionando + 1 en stand-by) bombas de distribución del agua producto impulsarán el agua producto desde el tanque de producto final hasta el punto de entrega, o hasta la siguiente estación de bombeo. Antes de salir de la planta desaladora, la cantidad entregada se mide y se supervisa su calidad (turbidez, salinidad, pH y cloro libre).

### 3.3.8 Sistema de descarga de Salmuera

La salmuera de la desaladora será suministrada a un estanque de salmuera dentro de las instalaciones de la planta. Esta fosa está conectada con tuberías terrestres y marinas a un sistema de difusores que lo dispersa en el agua de mar, favoreciendo su dilución y minimizando el impacto en el medio marino.

### 3.3.9 Tanque de recolección de agua de contra lavado

Un tanque de hormigón de 470 m<sup>3</sup>, sirve para recoger el *backwash* de ADF, UF BW y CEB, caudal de residuos de los DAF y soluciones CIP neutralizadas. El depósito de

---

recogida de agua de BW se impulsa a la línea de descarga de salmuera por 3 bombas (2 en funcionamiento + 1 en stand-by).

### **3.3.10 Tratamiento de lodos**

Como parte del enfoque ecológico, manteniendo el diseño de alta calidad, los volúmenes de BW, CEB y CIP se reducen al mínimo.

Se propone incluir el proceso de tratamiento de lodos, que reducirá considerablemente la concentración de sólidos en suspensión y aceites en las corrientes de caudal de *backwash* o retro lavado.

Para ello serán necesarios equipos adicionales, como un tanque de recolección, unidades de floculación, clarificación y concentración de lodos por sistema de centrifugado.

### **3.3.11 Instalación de productos químicos**

Un área apropiada, adyacente a la carretera principal de acceso, se utilizará para el almacenamiento de productos químicos a granel, como sosa cáustica, anti-escalante, Metabisulfito de Sodio (SMBS), hipoclorito y ácido sulfúrico. Los camiones de distribución de químicos pueden conectar directamente con el punto de entrega, que dispondrá de conexiones rápidas, monitoreo de nivel de tanques y sistema de contención de derrames. Se proporcionarán duchas de emergencia y lavado de ojos en esta zona.

Todos los productos químicos tendrán un mínimo de siete días de almacenamiento en las instalaciones

## 4. Tubería e Impulsión

De manera simplificada, para esta etapa de prefactibilidad se han considerado 80 kilómetros de tubería y 400 metros sobre el nivel del mar de elevación, para impulsar el agua potable desde la desaladora (que ya se encuentra aproximadamente a unos 30 msnm) hasta la ciudad de Copiapó. El trazado de tubería desde la planta desaladora hasta la ciudad discurre paralelo a la carretera que une ambas localizaciones, en lugar de una línea recta, y está representado gráficamente en el mapa como parte de este informe.

### Características de la tubería:

Tubería de acero con soldadura helicoidal

Diámetro exterior: 48"

Espesor: 12 mm (opción de 10mm a considerar)

Grado del acero: API 5L - X42 – PSL-2

Longitud de tubo individual: 12 metros (largo doble)

Revestimiento interior: 300 micras Epoxi apto para uso alimentario según AWWA C210

Revestimiento exterior: 3mm Polietileno Tricapa según DIN 30670

**Opción alternativa:** Tubería de PRFV - Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio

Para la tubería se ha calculado un diámetro exterior de 48 pulgadas (1.219 mm), contando con una potencial ampliación futura de la planta desaladora, para que cómodamente pueda transportar 150.000 m<sup>3</sup> de agua potable al día (1.736 litros por segundo), es decir 150% de la capacidad de producción inicial, y mayores caudales incrementando velocidades.

Velocidad de diseño:	1.75 m/s
Pérdidas por fricción en 80 km:	240 m.c.a. (metros de columna de agua)
Diferencia estática:	400 m.c.a.
Presión de impulsión total:	640 m.c.a. (400 + 240)

Se proponen dos estaciones de bombeo, una en la misma desaladora, al principio de la tubería, y una a lo largo de la tubería, aproximadamente en el punto intermedio de presión de impulsión entre origen y destino, incluyendo sendos estanques de reserva de 10,000 m<sup>3</sup> cada uno. Cada estación requerirá aproximadamente 5000 kW de potencia, y tendrá tres (3) bombas centrífugas

horizontales multietapa. Las bombas estarán diseñadas para 1.440 m<sup>3</sup>/hora, permitiendo flexibilidad y modularidad en la impulsión.

El consumo energético calculado para la impulsión es de 2.16 kW/h por m<sup>3</sup>, que asumiendo un precio por kW/h de 15 centavos de USD, resulta en un costo por m<sup>3</sup> de USD 0.324.

En la fase siguiente de estudio se analizará en detalle las necesidades específicas de cada uno de los estanques de distribución, en concreto el estanque Vicuña (390 msnm), desde donde se releva a los estanques Manuel Rodríguez y Rosario, y los de Paipote (490 msnm) y Tierra Amarilla (estanque Punta Bateas a 534 msnm), reconsiderando el diseño de la tubería e impulsión con objeto de optimizar ambos.



## Almacenamiento de agua en tubería

El volumen de agua que puede contener la tubería de 48" y 80 kilómetros es de aproximadamente 90.000 metros cúbicos. Técnicamente, la tubería en sí misma y los dos tanques de regulación de las estaciones de bombeo (2 x 10.000 m<sup>3</sup>) pueden servir como reservas de emergencia para abastecer agua a los clientes por debajo del nivel de cota en el que se encuentre el agua, como sería la ciudad de Caldera. Sin embargo, esta no sería una solución apropiada para la ciudad de Copiapó, ya que haría falta agua para impulsar el agua hasta los 400 metros sobre el nivel del mar.

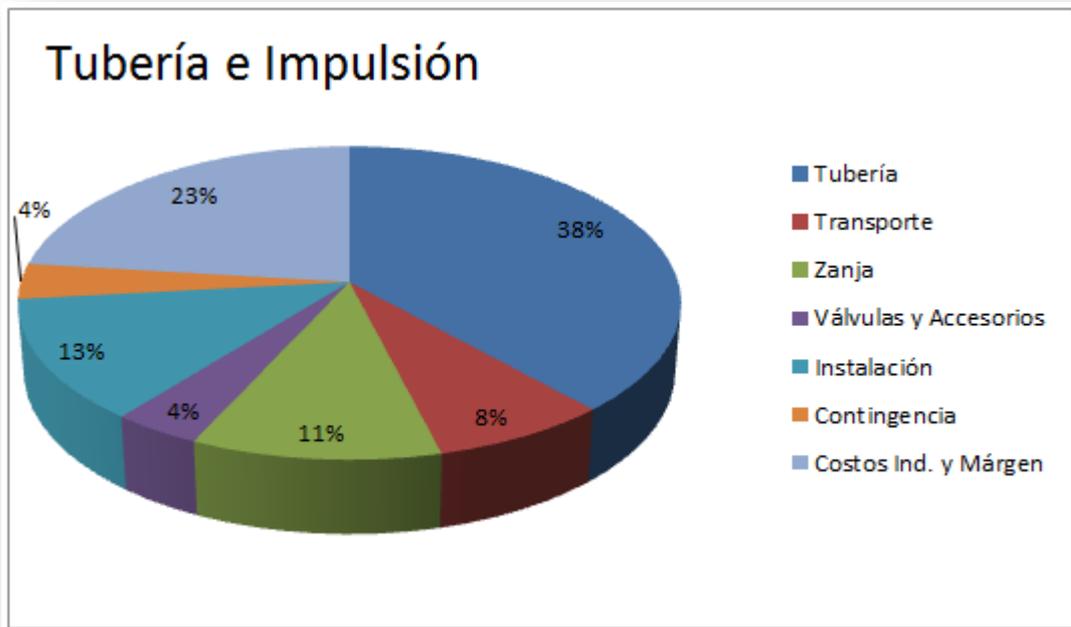
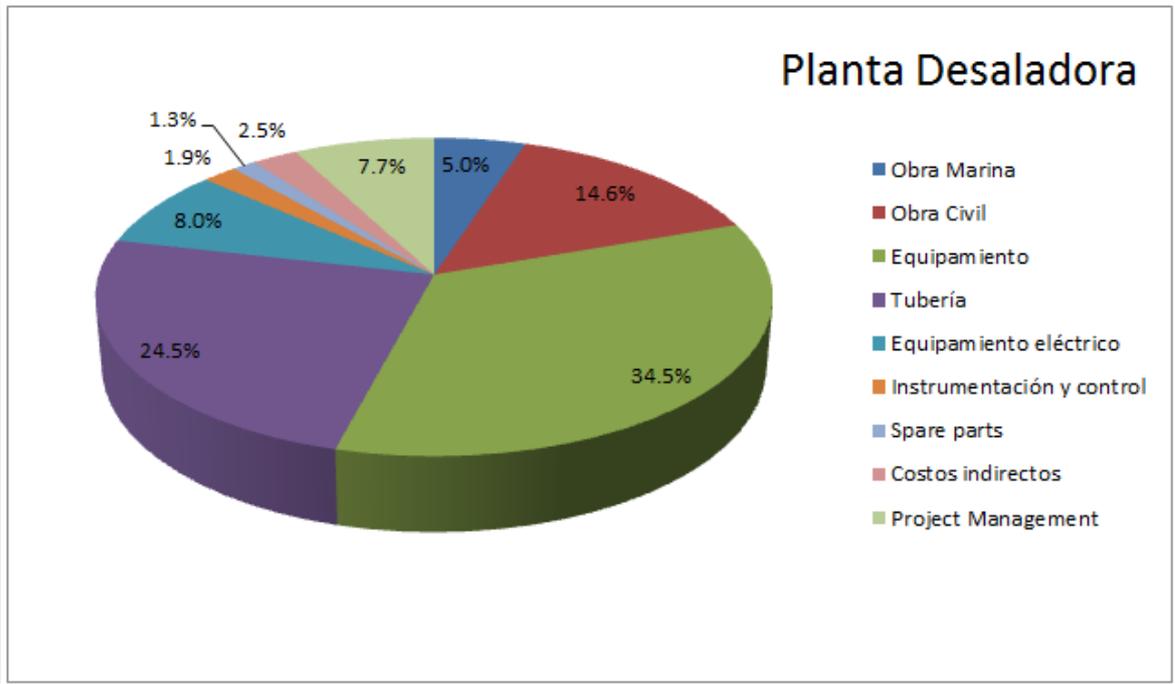
## 5. CAPEX Y OPEX

### 5.1 Detalle CAPEX Planta Desaladora

COPIAPO PLANTA DESALADORA SWRO 100.000m <sup>3</sup> /d			
PROJECT AREA		US\$	%
1	Obra Marina	6,145,000	5.0%
2	Obra Civil	17,850,000	14.6%
3	Equipamiento, incluyendo erección y montaje	42,065,000	34.5%
4	Tubería, incluyendo válvulas, accesorios e instalación	29,860,000	24.5%
5	Equipamiento eléctrico y cableado	9,745,000	8.0%
6	Instrumentación y sistema de control	2,325,000	1.9%
7	Piezas de recambio - Spare parts	1,600,000	1.3%
8	Transporte, documentación, garantías bancarias y otros costos indirectos	3,060,000	2.5%
9	Project Management, incluyendo diseño, construcción, supervisión, instalación y puesta en marcha	9,350,000	7.7%
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 122,000,000</b>	<b>100.0%</b>

### 5.2 Detalle CAPEX Tubería de Impulsión

	Length	Unit Price € per m-lineal	EURO			USD		CLP	
			€			\$			
48"HDPE/epoxy lined steel pipe	80,000	400	€	32,000,000	\$	40,000,000		20,000,000,000	
Transporte		80	€	6,400,000	\$	8,000,000		4,000,000,000	
Zanja (Trench)		112	€	8,960,000	\$	11,200,000		5,600,000,000	
Valves & Accessories		40	€	3,200,000	\$	4,000,000		2,000,000,000	
Instalación y Montaje		131	€	10,496,000	\$	13,120,000		6,560,000,000	
5% Contingency			€	3,052,800	\$	3,816,000		1,908,000,000	
General Expenses + Margin	30%		€	19,232,640	\$	24,040,800		12,020,400,000	
				<b>83,341,440</b>		<b>\$ 104,176,800</b>		<b>52,088,400,000</b>	
Servidumbres de paso (rights of way)	50%	127		5,080,000	\$	6,350,000		3,175,000,000	
Bombas Caudal 1440 m3/hora; 330 m.c.a (each)	6	220,000	€	1,320,000					
Montaje	10%		€	132,000					
25% 25% safety			€	363,000					
				<b>1,815,000</b>	\$	2,268,750		1,134,375,000	
Two 10,000 m3 reservoirs - Tanques regulación				4,000,000	\$	5,000,000		2,500,000,000	
				<b>94,236,440</b>		<b>117,795,550</b>		<b>58,897,775,000</b>	
				<b>TOTAL</b>		<b>117,795,550</b>		<b>58,897,775,000</b>	



## Resumen de Costos de Inversión o de Capital (CAPEX)

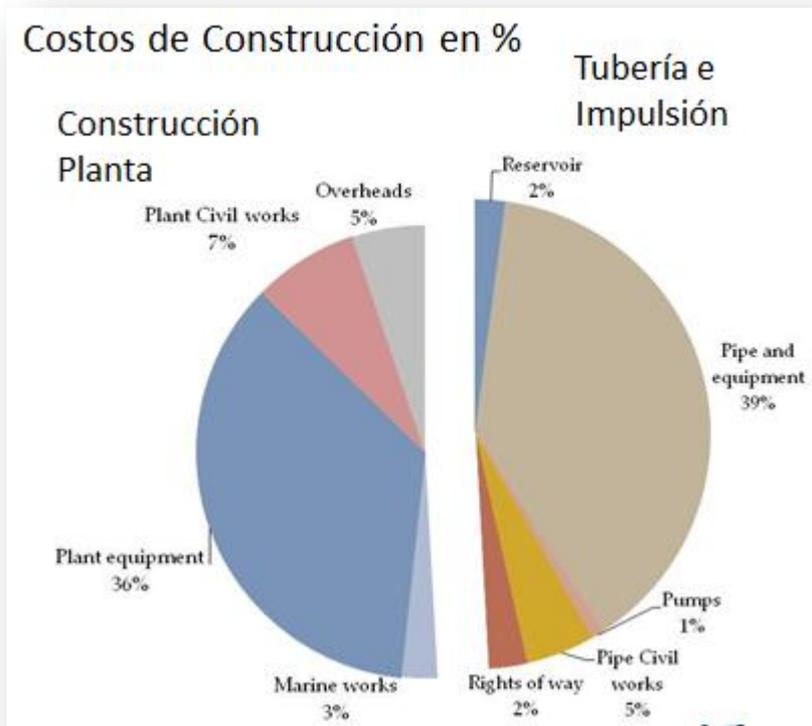
### Costos Construcción Planta (millones USD)

Item	
Obra Marina	6.1
Equipamiento	85.6
Obra Civil	17.9
Costos Indirectos	12.4
<b>Total</b>	<b>122.0</b>

### Costos Tubería de Conducción (millones USD)

Item	
Depósitos	5
Tubería y Equipamiento	93
Bombas	2.3
Obra Civil	11.2
Servidumbres de paso	6.3
<b>Total</b>	<b>117.8</b>

### Costos de Construcción en %





### Resumen de Consumo Energético

<b>Total Planta Desaladora</b>	kWh/m <sup>3</sup>	<b>3.08</b>
<b>Impulsión Agua Producto</b>	kWh/m <sup>3</sup>	<b>2.16</b>
<b>CONSUMO TOTAL</b>	kWh/m <sup>3</sup>	<b>5.24</b>

## 5.4 Consumo de Químicos

Se ha realizado un análisis detallado del consumo de productos químicos, así como del costo local de dichos elementos, para ser incluido en los estudios de costos de operación de la desaladora.

El detalle se presenta a continuación:

### Detalle de productos químicos a utilizar en el proceso de desalación

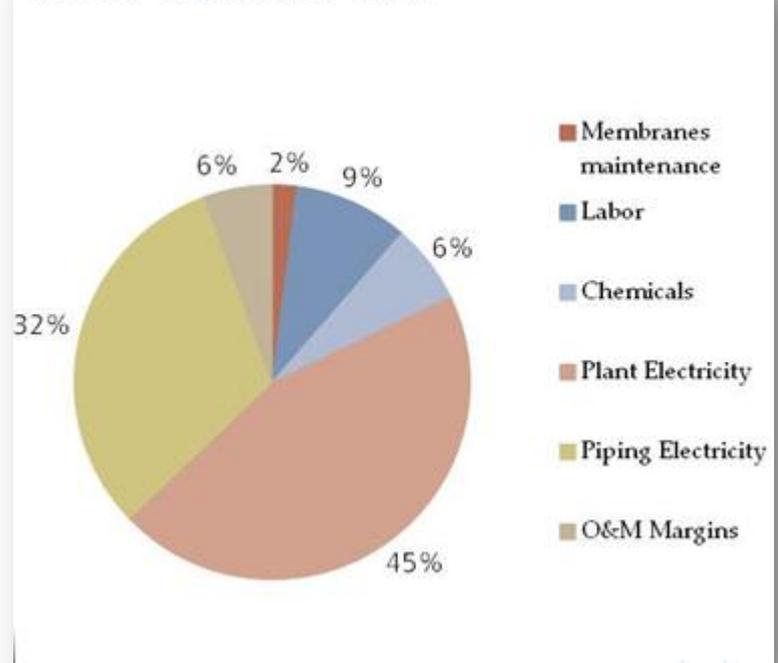
Description		Consumption of Chemicals																		
		Fe2(SO4)3 100%	Fe2(SO4)3 40%	Fe	Fe2(SO4)3 100%	Fe2(SO4)3 40%	Fe	NaClO 12% (*1)	NaOH 46% (*4)	HCl 33% (*3)	NaHSO3 (*5)	Antiscalant	Carbon dioxide	Calcite	NaOH	NaClO	Citric acid	Anionic polymer	Cationic Polymer	
Design temperature - 180C																				
Description		Upstream DAF clarification		Upstream ultra filtration			UF CEB (2*), 112 min/day			PRE RO		Remineralzation		Product finishing		RO CIP	Sludge treatment			
Reagent / application point		A - Ferric sulfate			B - Ferric sulfate			C	D	E	F	G	H	I	J	K				
stream average flow	m <sup>3</sup> /day	288,000.0	288,000.0		288,000.0	288,000.0		2,987	1,440.0	1,440.0	257,143	257,143	108,000	108,000	108,000	108,000				
Rated Flow, Water	m <sup>3</sup> /h	12,000.0	12,000.0		12,000.0	12,000.0		1,600.0	1,600.0	1,600.0	10,714.3	10,714.3	4,500.0	4,500.0	4,500.0	4,500.0				
time of flow	min/day	1,440.0	1,440.0		1,440.0	1,440.0		112.0	54.0	54.0	202.0	1,440.0	1,440.0	1,440.0	1,440.0	1,440.0				
Concentration	%w	Dry	40%		Dry	40%		12%	45.0%	33.0%	40%	100%	100%	99%	45%	12%				
Dosage rate	gr/m <sup>3</sup>	8.7	21.8	3.0	1.5	3.6	0.5	17	163.2	149.0	18.36	1.00	29.04	60.61	4	4.2				
Dosage rate	Kg/h	104.5	261.3	36.0	17.4	43.5	6.0	27.1	580.4	722.2	175.2	10.7	130.7	273	18.0	18.8				
Density	Kg/lit	1.4			1.4			1.165	1.43	1.165	1.4	1.0			1.43	1.165				
Dosage rate	lit/h		186.64			31.11		50.58	405.89	619.93	125.48	10.71			12.50	16.09				
Daily consumption	kg	2508.4	6271.0	864.0	418.1	1045.2	144.0	110.0	522.4	650.0	590.0	257.1	3136.3	6545	432.0	450.0				
Monthly consumption	Ton	75.3	188.1	25.9	12.5	31.4	4.3	3.3	15.7	19.5	17.7	7.7	94.1	196.4	13.0	13.5				
Volume for 14 days	m <sup>3</sup>	na	62.7	na	10.5			1.3	5.1	9.1	5.9	3.6	43.9		4.2	5.4				
Product cost	\$/kg		0.400			0.400		0.336	0.439	0.362	0.336	2.250	0.79	0.05	0.439	0.17	0.8	2.5	2.5	
Specific consumption	gr/m <sup>3</sup> P	23.4	58.5	8.1	3.9	9.8	1.3	0.25	4.87	5.78	2.3	1.0	29.0	60.6	4.0	4.2	0.33	0.75	0.5	
Specific cost	\$/m <sup>3</sup> P		0.0234			0.0039		0.00008	0.0021	0.0021	0.0008	0.0023	0.0229	0.00303	0.00176	0.00071	0.00026	0.00188	0.00125	
Cost per day	\$/day		2,343			390		8	214	209	77.1	225.0	2294.2	303.0	175.7	70.8	26	168	125	
Cost per annum	\$/year		855,060			142,510		3,099	78,120	76,349	28,139	82,125	857,768	110,806	64,120	25,854	9,636	68,438	45,625	
Annual quantity	T/year		2,135			356		9	178	211	84	37	1,060	2,212	155.5	162.0	12	27	18	
Average production	m <sup>3</sup> /day	100,000																		
Annual production	m <sup>3</sup> /year	36,500,000																		

## Resumen de Costos de Operación (OPEX)

### Costos Operativos

Item	
Reemplazo Membranas (USD por m <sup>3</sup> )	0.020
Laboral (USD por m <sup>3</sup> )	0.096
Químicos (USD por m <sup>3</sup> )	0.067
Electricidad Planta (USD por m <sup>3</sup> )	0.462
Electricidad Tubería (USD por m <sup>3</sup> )	0.324
<u>Margenes O&amp;M</u> (USD por m <sup>3</sup> )	0.058
<b>Total por m<sup>3</sup> (USD por m<sup>3</sup>)</b>	<b>1.03</b>
Total por año (Millones USD)	37.5

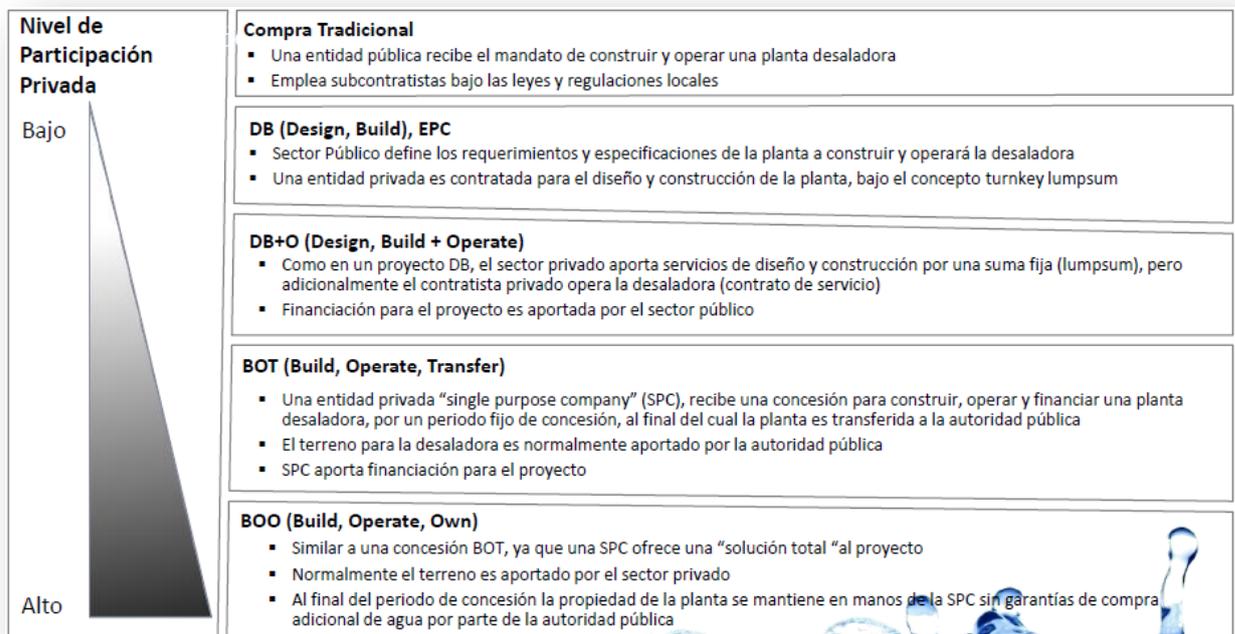
### Costos Operativos en %



## 6. Modelos de Contratación

La conveniencia de uno u otro método de contratación dependerá del análisis de una serie de factores como son la capacidad financiera de la municipalidad, el marco legal local, el deseo de asumir riesgo de proyecto, así como de los objetivos a largo plazo de la autoridad del agua.

Así, en función del nivel de implicación (y por lo tanto de asunción de riesgos) de la Participación Privada, encontraremos los **siguientes Modelos de Contratación**:



### 6.1 Modelo de Compra Tradicional

Según este modelo una Entidad Pública recibe el encargo de construir y operar una Planta Desaladora, para lo cuál empleará subcontratistas especializados bajo las leyes y regulaciones locales. De esta manera es la Entidad Pública quien está asumiendo la completa responsabilidad todos los aspectos del Proyecto, es decir, el riesgo del Proyecto está totalmente asumido por el Sector Público. Este modelo sólo será viable si la Entidad Pública cuenta con una cierta magnitud y capacidad de control y gestión de subcontratistas, además de una experiencia previa en la construcción y gestión de grandes proyectos de infraestructuras.

- **Ventajas:** Permite al sector público desarrollar conocimientos y experiencia en proyectos de desalación. Los costos financieros son usualmente (pero no siempre) más bajos que aquellos obtenidos en una solución de financiación privada.
- **Inconvenientes:** Los proyectos deben ser financiados íntegramente por el sector público. En cuanto a la experiencia, las compañías del sector público tienen menos experiencia y son típicamente menos eficientes en la operación de estas plantas, mientras que no se aprovecha al máximo la experiencia y conocimientos del sector privado. Además, la contratación de varios subcontratistas expone al sector público a riesgos de integración muy significativos.

- **Ejemplos:** Long Beach, CA, Estados Unidos (2003); Rongcheng, China (2004)
- **Conclusión:** Los modelos tradicionales de contratación no aprovechan al máximo la experiencia que tiene el sector privado y expone al sector público a un parte significativa del riesgo del proyecto

## 6.2 Modelo DB (Design Build) o EPC (Engineering, Procurement, Construction)

En este caso la Entidad Pública será la encargada de definir los requerimientos y especificaciones de la planta a construir, así como de operar ésta una vez construida. Sin embargo será una entidad privada la encargada de diseñar y construir esta planta bajo el concepto de 'Turnkey Lumpsum' (suma fija) de acuerdo a los requerimientos exigidos por la Entidad Pública.

De este modo la Entidad Pública deberá detallar los requerimientos del proyecto mientras que las entidades privadas ofertarán soluciones técnicas dentro de estos parámetros. Todo el riesgo de la construcción quedará transferido a la entidad privada, quien recibirá el pago de la construcción de la Entidad Pública según unos pagos progresivos (milestones) y finales (dependientes de la aprobación de ciertos 'acceptance tests') previamente acordados.

- **Ventajas:** Permite la participación de la entidad privada aportando su experiencia en el diseño y construcción de proyectos semejantes, estando el

coste del Proyecto optimizado según un proceso de licitación competitivo. El sector privado garantiza la producción de la planta por un periodo limitado después de la finalización de la planta (periodo de prueba)

- **Inconvenientes:** El proyecto sigue siendo íntegramente financiado por el Sector Público, manteniendo además el riesgo de operación de la planta a largo plazo, así como el de demanda. El contratista no está incentivado para optimizar el coste total del ciclo de vida de la planta ('life cycle cost'), si no a ofertar la solución más económica.

- **Ejemplos:** El Paso, Estados Unidos (2007); Yuhuan, China (2006)
- **Conclusión:** Las soluciones DB utilizan la experiencia y know-how del sector privado, pero requieren que los proyectos sean financiados completamente por el sector público una vez que el proyecto esté finalizado

### ✓ 6.3 Modelo DBO (Design + Build + Operate)

Se trata de una variante del contrato DB puro, en el cuál el contratista además se responsabiliza de la operación de la planta bajo un contrato de servicios. De nuevo, la financiación íntegra del Proyecto proviene del Sector Público.

Efectivamente la entidad privada, además del diseño y construcción propios del contrato DB puro, debe ofertar una solución de operación a largo plazo. Sin embargo esta oferta será en base a la capacidad de producción total de la planta, por lo que los riesgos asociados a la variación de la demanda seguirán siendo responsabilidad del Sector Público; la Entidad Privada, según el diseño del contrato, podrá asumir ciertos riesgos de costos de producción, pero sólo proporcionando garantías limitadas. La fase de diseño y construcción de la planta queda pagada a la finalización de la construcción en base a un monto fijo o "lumpsum", al igual que en el contrato DB.

- **Ventajas:** Las ventajas serán las mismas del DB (experiencia de la entidad privada, coste del Proyecto optimizado, periodo de prueba) y además se incrementan los incentivos para optimizar el ciclo de vida de la planta y se transfiere parte del riesgo de producción a la entidad privada, que además cuenta con una mayor experiencia en estos servicios.

- **Inconvenientes:** Adicionalmente a los inconvenientes del DB (Financiación Pública, riesgos de operación y demanda a largo plazo, contratista no incentivado a optimizar el 'life cycle cost' de la planta) se suman los riesgos en el precio adicionales al tener que ofrecer el contratista las actividades de operación a largo plazo durante el proceso de oferta.

- **Ejemplos:** Adelaide, Australia (2012); Málaga, España (2011)
- **Conclusión:** En un proyecto DB+O el sector privado ofrece su experiencia para todas las fases del proyecto, sin tomar el riesgo de demanda o riesgos significativos de operación

## ✓ 6.4 Modelo BOT (Build, Operate, Transfer)

Con este modelo una entidad Privada 'Single Purpose Company' (SPC) recibe de la Entidad Pública una concesión para construir, operar y financiar el Proyecto, por un periodo fijo de concesión, al término del cual la planta es transferida a la Entidad Pública. En este caso será la SPC la encargada de financiar el proyecto. Generalmente el terreno requerido para desarrollar el proyecto será aportado por la Entidad Pública.

De esta manera el sector privado se encarga de todos los aspectos del proyecto, incluyendo la financiación a largo plazo, la cuál además puede ser facilitada por el sector público ofreciendo créditos de construcción o subvención de capital durante el periodo de construcción del proyecto. Los diferentes mecanismos contractuales definirán el nivel de riesgo compartido. Los pagos al sector privado pueden ser basados en un pago por capacidad (en función de la disponibilidad de la planta) mas pago por cantidad (en función de la cantidad de agua producida) o un mecanismo take-or-pay. Finalmente, al terminar el periodo de concesión la planta será transferida al sector público.

- **Ventajas:** La financiación del proyecto proviene del sector privado, superando así posibles limitaciones de presupuesto del sector público. Además, las Autoridades Públicas sólo habrán de tratar con una entidad privada, ahorrando en gestión, conflictos y burocracia. Se consigue la total implicación de la entidad privada con su experiencia y especialización, lo que además logra una optimización del 'life cycle cost' de la planta.

- **Inconvenientes:** Se depende del sector privado para la financiación, que además reflejará un parte significativa del riesgo de proyecto en el precio. El proceso de licitación será complejo y puede requerir un plazo más largo antes de comenzar la construcción. Dependencia de la experiencia del sector público en proyectos BOT.

- **Ejemplos:** Hadera, Israel (2007); Antofagasta, Chile (2003)
- **Conclusión:** Mientras que permiten varios niveles de distribución de riesgo entre los sectores público y privado, los proyectos BOT pueden requerir un periodo largo de formalización que retrase el comienzo de la construcción

## 6.5 Modelo BOO (Build, Operate, Own)

En este caso, muy similar al BOT, también una SPC ofrece una solución total al proyecto, aportando la construcción, operación y financiación. Además, normalmente el terreno también será aportado por el sector privado. En cambio la principal diferencia con el BOT radicará en que al finalizar el periodo de concesión la SPC seguirá siendo la propietaria de la planta, sin garantía de compra adicional de agua por parte de la Autoridad Pública.

Así pues, como en el BOT, el sector público ofrece un contrato de compra de agua (WPA) fijo en el tiempo, permitiendo a la concesionaria financiar los costos de construcción de la planta. La planta será propiedad exclusiva de la entidad privada y en la mayoría de los casos deberá además aportar los terrenos utilizados para el Proyecto. Al final de la concesión, la autoridad pública puede optar por renegociar un contrato de compra de agua revisado, pero no tiene obligación.

- **Ventajas:** A las ventajas del modelo BOT (financiación privada, aportación de experiencia y especialización al Proyecto, optimización del 'life cycle cost' de la planta, facilita gestión del Proyecto) hay que sumar que el riesgo del valor residual de la planta lo debe asumir la entidad privada.
- **Inconvenientes:** El sector público no desarrolla plantas de su propiedad a largo plazo y debe confiar en el sector privado para la producción de agua futura, así como los inconvenientes propios del BOT (dependencia para la

financiación, riesgo de proyecto reflejado en el precio, proceso de licitación, dependerá de la experiencia del sector público en proyectos BOT).

- **Ejemplos:** Palmachin, Israel (2007/2011); Tianjin, China (2007)
- **Conclusión:** En un proyecto BOO, la autoridad pública contrata a una entidad del sector privado para proveer sus necesidades de agua, bajo un contrato a largo plazo, y no desarrolla una solución a largo plazo de plantas desaladoras de propiedad estatal.



Planta Desaladora de Alicante II, España (cortesía Acuamed)

➤ **Comparación de los diferentes modelos de contratación:**

	Contratación Tradicional	DB/DB+ O	BOT/BOO
Responsabilidad de Diseño	Público	Privado	Privado
Riesgo de Construcción	Público	Privado	Privado
Riesgos de Operación	Público	Público/Conjunto	Privado
Responsabilidad Financiera	Público	Público	Privado
Life cycle costing	Limitado	No/Limitado	Si
Riesgo de Valor Residual	Público	Público	Público(BOT)/ Privado (BOO)
Coste de Licitación	Bajo	Medio	Alto

**Recomendaciones:**

Siguiendo las recomendaciones del MOP y del Gobierno Regional, este estudio analiza en detalle los dos modelos que tienen una componente equilibrada de participación pública y privada, es decir **DBO** y **BOT**, evitando los extremos.

### Modelos de Contratación (Procurement Methods) Preseleccionados

<p><b>Nivel de Participación Privada</b></p>  <p>Bajo</p> <p>Alto</p>	<p><b>Compra Tradicional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Una entidad pública recibe el mandato de construir y operar una planta <u>desaladora</u></li> <li>Emplea subcontratistas bajo las leyes y regulaciones locales</li> </ul>
	<p><b>DB (Design, Build), EPC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sector Público define los requerimientos y especificaciones de la planta a construir y operará la <u>desaladora</u></li> <li>Una entidad privada es contratada para el diseño y construcción de la planta, bajo el concepto <u>turnkey lumpsum</u></li> </ul>
	<p><b>DB+O (Design, Build + Operate)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Como en un proyecto DB, el sector privado aporta servicios de diseño y construcción por una suma fija (<u>lumpsum</u>), pero adicionalmente el contratista privado opera la <u>desaladora</u> (contrato de servicio)</li> <li>Financiación para el proyecto es aportada por el sector público</li> </ul>
	<p><b>BOT (Build, Operate, Transfer)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Una entidad privada "single purpose company" (SPC), recibe una concesión para construir, operar y financiar una planta <u>desaladora</u>, por un periodo fijo de concesión, al final del cual la planta es transferida a la autoridad pública</li> <li>El terreno para la <u>desaladora</u> es normalmente aportado por la autoridad pública</li> <li>SPC aporta financiación para el proyecto</li> </ul>
	<p><b>BOO (Build, Operate, Own)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Similar a una concesión BOT, ya que una SPC ofrece una "solución total" al proyecto</li> <li>Normalmente el terreno es aportado por el sector privado</li> <li>Al final del periodo de concesión la propiedad de la planta se mantiene en manos de la SPC sin garantías de compra adicional de agua por parte de la autoridad pública</li> </ul>

---

## Estudio de Prefactibilidad Financiera

Las autoridades locales de la región de Copiapó, Chile han solicitado un examen de la viabilidad financiera para la construcción de una planta de desalación por ósmosis inversa, para atender las necesidades de agua dulce de la región.

Según la petición de las autoridades, las implicaciones financieras del proyecto fueron examinadas independientes bajo dos métodos de contratación, el método BOT (construir, operar, transferir) y un método DBOM (diseño, construcción, operación, mantenimiento). Los precios del agua fueron examinados utilizando modelos financieros diseñados específicamente para cumplir con los parámetros del proyecto.

### Parámetros

#### Demanda de Agua y Capacidad de la Planta

La demanda de agua dulce en la región de Copiapó puede dividirse en dos segmentos: demanda de consumo público (es decir, agua potable, consumo privado, pequeñas empresas, etc.), que se estima en un total en 100.000 m<sup>3</sup>/día, y la demanda de la industria local (minería y agricultura comercial), que se estimó en un total adicional de 100.000 m<sup>3</sup>/día

Aunque existen economías de escala en los proyectos de desalación, favoreciendo a las plantas más grandes para los precios de agua reducidos, bajo cualquier método de contratación a largo plazo el operador de la planta requerirá una garantía para el consumo mínimo de agua (a través de una cláusula take-or-pay o un sistema de pago basado en capacidad + producción). Esa garantía significaría que los riesgos asociados a la demanda serían asumidos por el sector público y, por lo tanto, el sector público debe considerar los riesgos involucrados en la adquisición de plantas más grandes, que requieren una mayor garantía y riesgos adicionales. Debido a esto la autoridad pública podrá considerar cuatro opciones para la adquisición de la planta, cada una de ellas ofrece diferentes grados de riesgo de demanda:

1. Adquisición de una planta de 100.000 m<sup>3</sup>/día (demanda pública únicamente);
2. Adquisición de una planta de 200.000 m<sup>3</sup>/día, con el sector público garantizando la demanda de compradores privados. El sector público puede

- optar por firmar acuerdos con empresas privadas antes de la licitación de la planta;
3. Solicitar a los ofertantes que decidan sobre el tamaño de las instalaciones que se construyen en base a su perspectiva sobre la demanda futura de producción y venta de agua desalada, con un mínimo de 100.000 m<sup>3</sup>/día;
  4. El sector público firma acuerdos off-take con empresas privadas, asignando los contratos al ganador de la licitación – los acuerdos formarán parte de los documentos de licitación. Los ofertantes pueden decidir sobre el tamaño de las instalaciones a construir, con un mínimo de 100.000 m<sup>3</sup>/día.

Como se indica en la Sección 3 de este informe, la elección entre estas cuatro opciones debe hacerse teniendo en cuenta dos cuestiones importantes:

- a) La capacidad del sector público para impedir que las empresas privadas utilicen fuentes alternativas de agua (bombeo, proyectos de desalación privados, etc.) - Cuanto mayor sea la capacidad del sector público para influir en esto, más seguridad tendrá la suposición de que las empresas privadas comprarán agua de la instalación, reduciendo el riesgo involucrado en la adquisición de una planta más grande y de dar garantías adicionales take-or-pay.
- b) El tiempo y los recursos necesarios para alcanzar acuerdos de compra de agua con empresas del sector privado - Si se requiere un plazo relativamente corto para negociar y obtener dichos contratos, entonces el sector público debería considerar la contratación de una instalación más grande, ya que el riesgo de demanda se reducirá a través de la firma de acuerdos. Si tales acuerdos requieren de un período prolongado, el sector público debería tender a adquirir una planta más pequeña, o alternativamente permitir a los ofertantes del sector privado determinar en sus ofertas el tamaño de la planta y la cantidad de riesgo de demanda que están dispuestos a asumir.

## Costo

El diseño de las instalaciones de desalación e impulsión se basa en una planta de 100.000 m<sup>3</sup>/día, que atenderá la demanda pública, con ciertos sobredimensionamientos y una opción para futuras expansiones para atender la demanda de la industria privada. Los costos para la construcción y operación de la planta fueron estudiados y calculados por los consultores técnicos y totalizan USD 239.8 millones. Los costos de operación y mantenimiento para las instalaciones, también calculados por la parte técnica de nuestra consultoría, ascienden a USD

37.5 millones por año, asumiendo el 100% de producción de la planta. Los costos de remplazo de equipos (excepto remplazo de membranas, que se incluye en los costos de O&M) se calcularon basándose en la vida técnica esperada de los distintos componentes de la planta.

## Supuestos Financieros

Los supuestos financieros para los modelos se basan en las condiciones económicas actuales, la regulación en Chile y las prácticas comunes de mercado en el sector de la desalación en países similares a Chile (ver detalle abajo).

### Supuestos Financieros

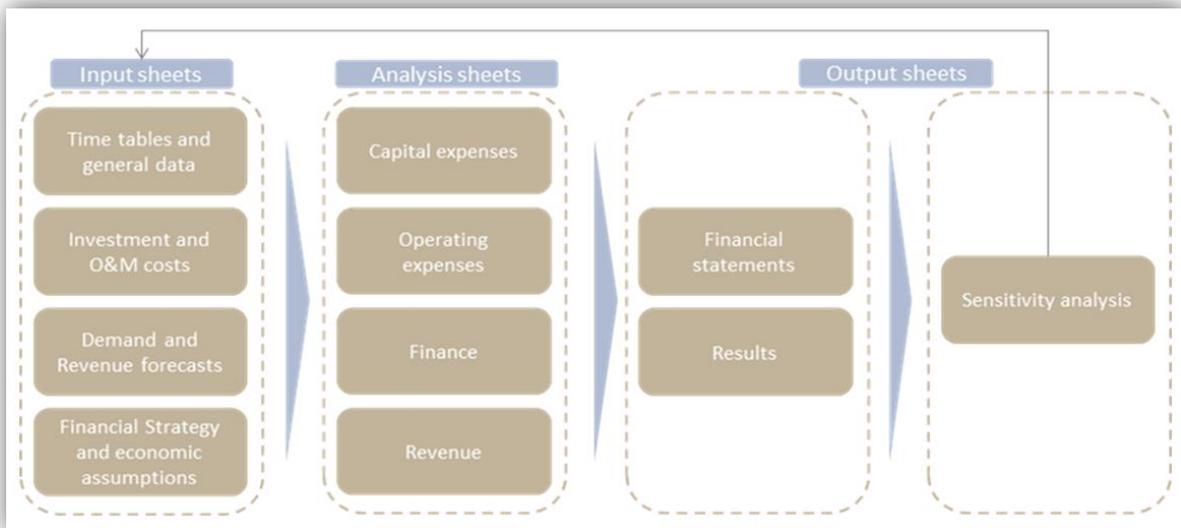
BOT project financial assumptions		
Project leverage	80%	As customary for BOT desalination projects in current market conditions
Senior debt pricing	2.8%+3.5%	USD swap rate for a duration of ~15 years plus a margin typical for BOT project financing in A+ rated countries
Debt maturity	Construction+ 24 years	As customary for BOT desalination projects in current market conditions
Corporate tax	20%	As expected in Chile over the next years
Accelerated depreciation for tax purposes	1/3 of technical life	As permitted by accounting regulation in Chile for infrastructure projects
Operating fund	6 months	As customary for BOT desalination projects
Debt service reserve account	6 months	As customary for BOT desalination projects
Equipment reinvestment fund	As required	As customary for BOT desalination projects
Minimal required ADSCR	1.25	As customary for BOT desalination projects in current market conditions
Expected equity return	12%	As customary for BOT desalination projects in current market conditions
DBOM project financial assumptions		
Cost of finance for public sector (risk free)	2.5%	Calculated using Chile government bond (BDU-10) of May 2012
EPC margin	10%	Typical margin for desalination EPC contractors
O&M margin	10% (5% for electricity)	Typical margin for desalination operations contractors
Residual value of facility at end of project	none	No expected residual value as contractors will minimize costs

## 7. Análisis BOT

### Metodología

Bajo el método BOT, una concesión para el proyecto sería entregada a una única entidad del sector privado, quien asumiría total responsabilidad por todos los aspectos del proyecto. A cambio, el sector público firmará un acuerdo de compra de agua con la concesionaria, garantizando un precio fijo de agua y la demanda durante un período de 25 años. Además del diseño, construcción y operación de la planta, será requerido que la concesionaria aporte financiación para el proyecto, con el precio del agua cubriendo intereses y amortizaciones de la deuda del proyecto. Al final del período de 25 años, la concesionaria transferiría las instalaciones a la autoridad pública sin costo adicional.

El modelo financiero para el proyecto se basó en el siguiente diseño:



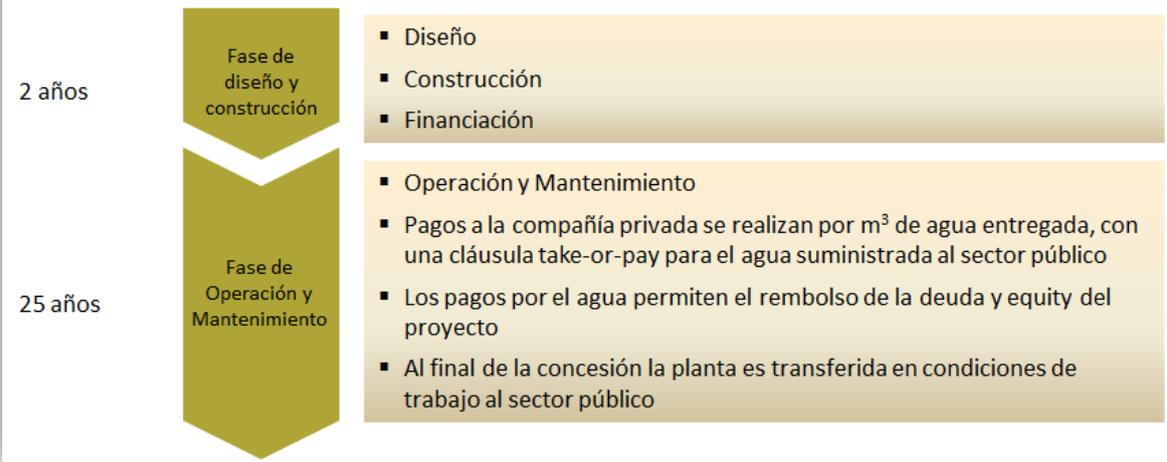
El precio del agua se calculó en el modelo apuntando a un objetivo de retorno de equity del 12% (real) para los dueños de la concesionaria. Este valor se basa en el retorno esperado en proyectos de infraestructura similares, bajo una concesión de BOT, en países con una calificación crediticia similar a Chile (A+). A través de este método se calculó un precio de agua de US\$1.79 m<sup>3</sup> para el proyecto.

**Precio Agua por m<sup>3</sup>**

**1.79 \$**

Una concesión BOT bien estructurada optimiza (minimiza) los costos totales del ciclo de vida, ya que requiere que el concesionario asuma no solo los riesgos de construcción sino también los riesgos relativos a la producción y operación

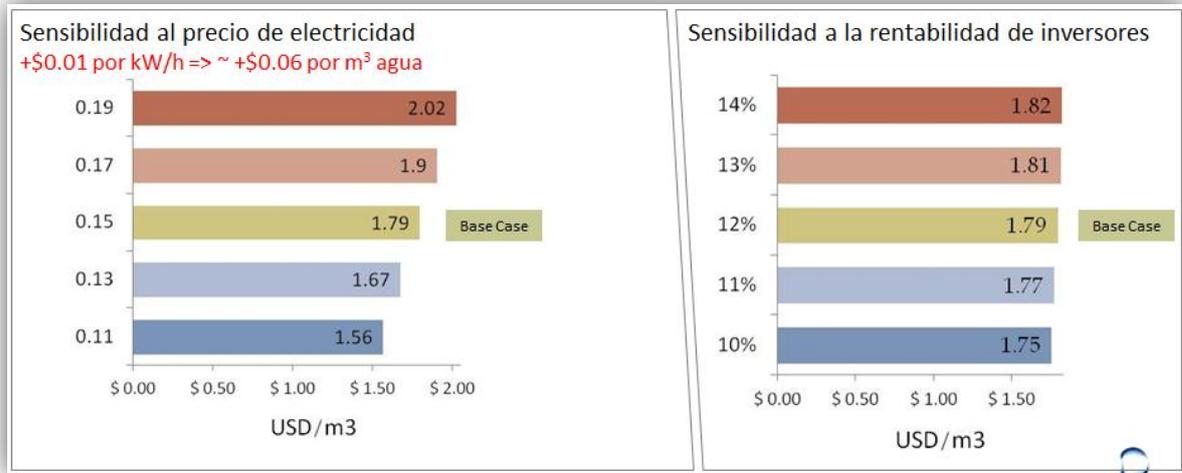
**BOT (Build, Operate, Transfer) - Responsabilidad del sector privado en todas las fases del proyecto**



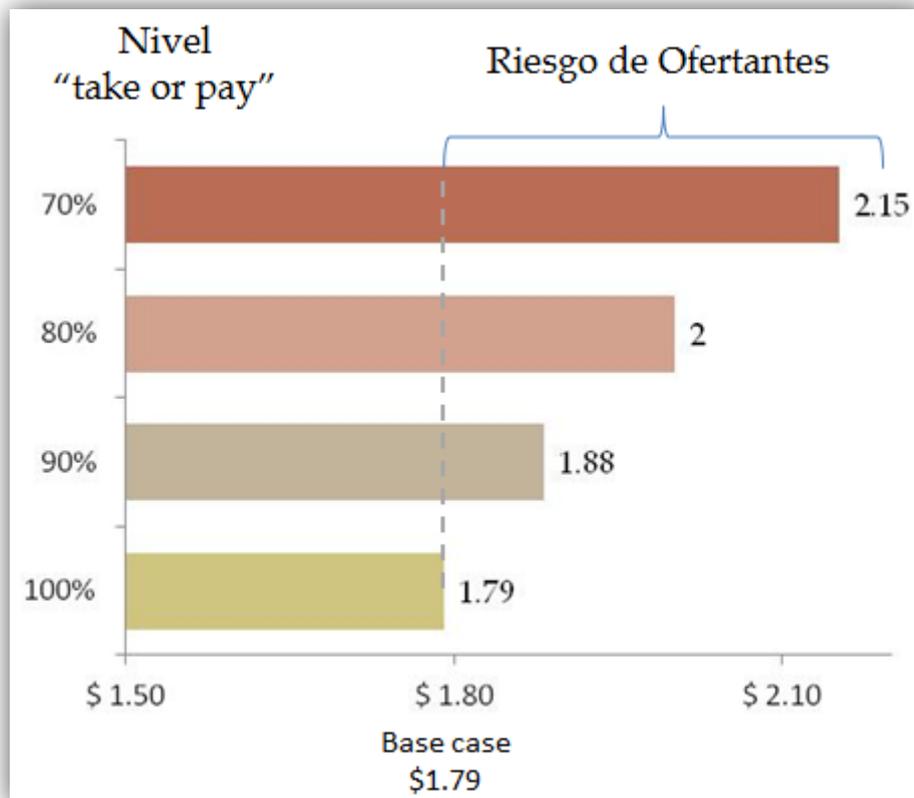
Los análisis de sensibilidad para el proyecto demuestran que el precio del agua es altamente sensible a los precios de la electricidad y a la capacidad del sector público para garantizar la demanda de agua esperada de 100.000 m<sup>3</sup>/día, como puede verse en los gráficos a continuación.

**Sensibilidad del precio del agua a cambios en los principales parámetros del proyecto**





Sensibilidad del precio de agua al nivel de garantía de demanda proporcionada por el sector público

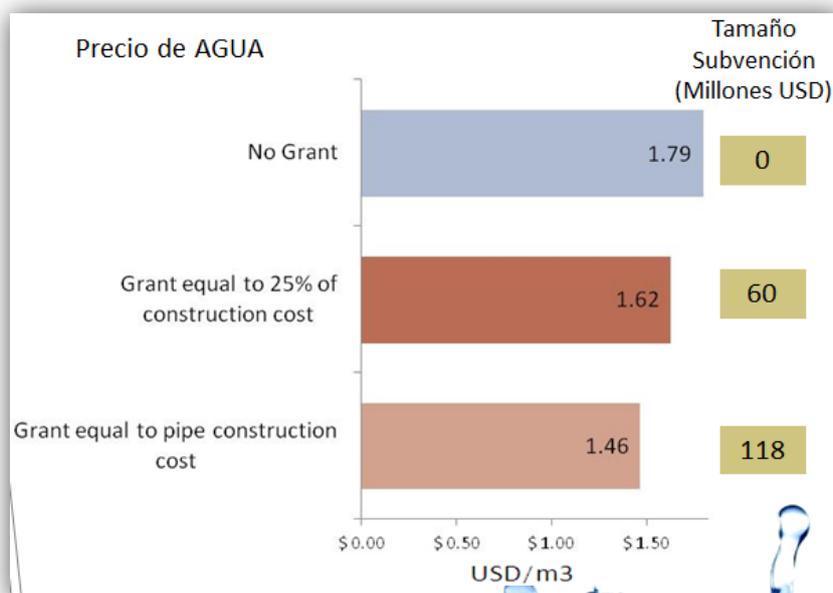


La cláusula "take or pay" en la concesión determinará el nivel de riesgo demanda asumido por la concesionaria en el proyecto, y consecuentemente impactará el precio del agua.

- Una cláusula take or pay del 100% crea un proyecto en el que la concesionaria no asume riesgo de demanda
- Un nivel reducido de take or pay requiere que los ofertantes consideren este riesgo en sus ofertas
- Ofertantes con aversión al riesgo pueden optar por impactar todo este riesgo en sus ofertas, ofreciendo un precio de agua basado en un nivel de demanda igual al nivel take or pay
- Ofertantes más agresivos pueden presentar un precio de agua basado en niveles de demanda entre el 100% y el nivel take or pay
- El nivel de agresividad estará impactado por:
  1. La demanda real esperada en la región
  2. El nivel de seguridad ofrecido por las autoridades de que evitarán, por ejemplo, la creación de competencia adicional a la desaladora en el caso de que la demanda sea inferior al 100%

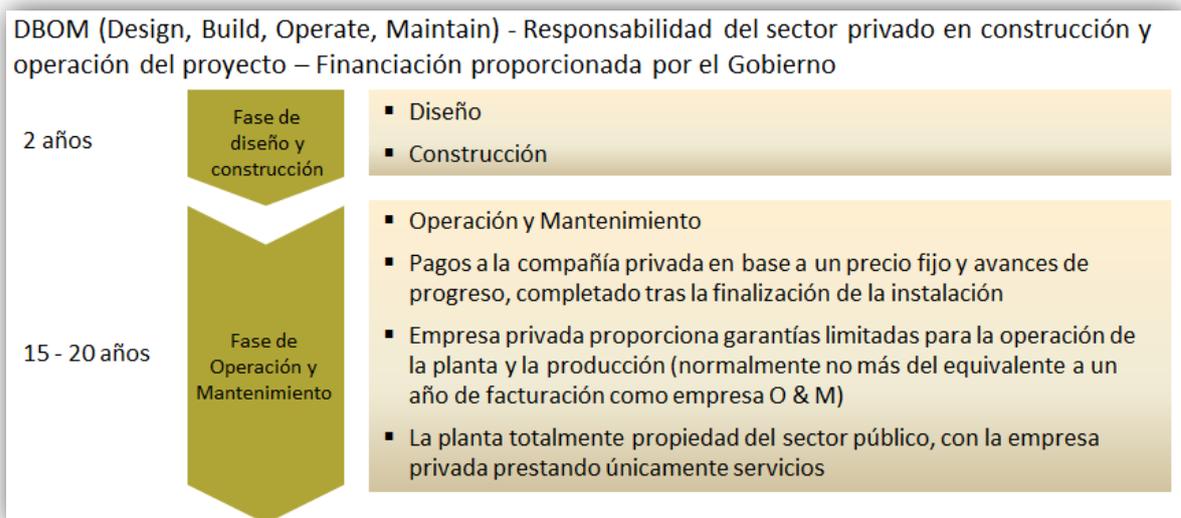
Los ofertantes con aversión al riesgo es probable que compensen cualquier riesgo de demanda incrementando el precio total del agua en sus ofertas

Adicionalmente, una reducción de US\$0.33 por m<sup>3</sup> en el precio del agua es factible, a través de la financiación por parte del sector público de la tubería de impulsión de agua desde la planta hasta la ciudad de Copiapó, como puede verse en el siguiente análisis:

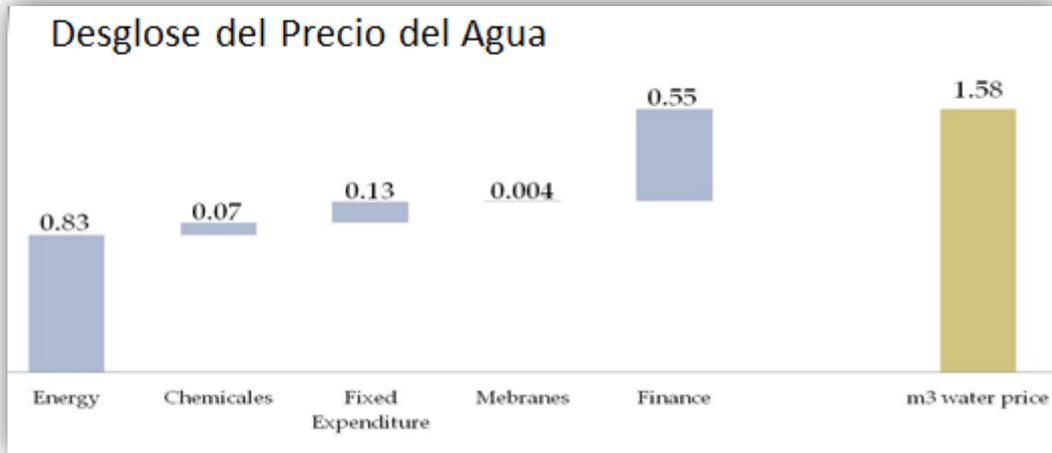


## 8. Análisis DBOM

Bajo un método de contratación de DBOM una entidad del sector privado asume la responsabilidad para el diseño detallado, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones por un período de 15 años (un período de 15 años es el típico para los contratos de este tipo). La entidad privada es pagada por el sector público para la construcción de las instalaciones bajo un contrato a suma alzada EPC (Engineering, Procurement, Construction), y para la operación de la planta a través de un pago anual fijo. En este tipo de proyectos el sector privado no asumiría ningún riesgo de demanda, pero si garantizaría la capacidad de agua disponible de la planta y estaría sujeto a multas y sanciones si la producción desciende por debajo de la cantidad o calidad acordadas.



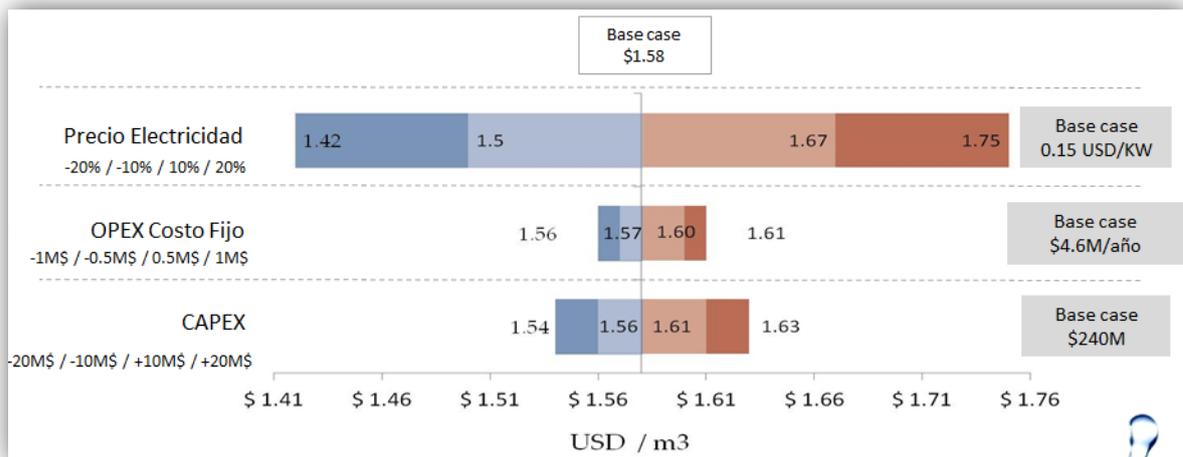
Para este método de contratación se calculó el precio del agua de forma que cubra los costos de operación de la planta, incluyendo un margen de beneficio del 10%, como suele ser habitual en grandes contratos de operación en el mercado de desalación (un margen de beneficio del 5% se calculó para los costos de electricidad, ya que se espera que algunos riesgos de precio serán cubiertos por el sector público). Además se incluye en el precio del agua los costos de financiamiento del sector público para el pago del contrato EPC. El precio del agua global alcanzado bajo un método DBOM asciende a USD1.58m<sup>3</sup> como puede verse desglosado en el gráfico siguiente:



**Precio Agua Equivalente**

**US\$1.58 M3**

El precio del agua bajo la contratación de DBOM sigue siendo muy sensible a los precios de la electricidad, como puede verse en el gráfico siguiente, aunque bajo este modelo de compra el riesgo de variación es más probable que corra a cargo del sector público.



## 9. Comparación BOT vs DBOM

El resultado de precios del agua bajo los modelos de contratación BOT y DBOM son US\$1.79m<sup>3</sup> y US\$1.58 m<sup>3</sup> respectivamente.

Aunque esto puede sugerir una ventaja para el método de adquisición DBOM, cualquier comparación entre los dos debe tener en cuenta no sólo el precio del agua, sino también el riesgo de compartir estructura entre los sectores público y privado. Varias cuestiones clave no directamente reflejadas en los precios de los diferentes métodos se muestran en la siguiente tabla resumen:

	BOT	DBOM
Optimización de costo total del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto incentivo para los ofertantes de optimizar los costes totales del ciclo de vida</li> <li>Se puede confiar en el ofertante para optimizar la construcción, operación y decisiones de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce el incentivo para que los ofertantes optimicen los costos del ciclo de vida</li> <li>Autoridad de gobierno no puede dejar tanta libertad a la iniciativa del sector privado para optimizar los costos del proyecto</li> </ul>
Supervisión y monitorización de la concesionaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>El costo de la concesionaria para salir del proyecto es muy alto (pierde su equity + garantías bancarias)</li> <li>Proyecto vigilado de cerca por los <i>lenders</i></li> <li>Reduce los requisitos de supervisión por parte de la autoridad pública</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras el fin de la construcción, el costo a la concesionaria para salir el proyecto es bajo (garantías limitadas)</li> <li>Supervisión de proyecto exclusivamente por la autoridad de Gobierno</li> <li>Supervisión pública tendrá que ser estrecha y eficaz</li> </ul>
Limitaciones presupuestarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto total o parcialmente financiado por el sector privado</li> <li>Puede ayudar en caso de limitaciones presupuestarias a corto plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto financiado totalmente por el sector público</li> <li>Requiere alto compromiso presupuestario durante la fase de construcción</li> </ul>

## Requisitos para un proyecto BOT exitoso

Conseguir un proyecto BOT exitoso requiere de un proceso detallado de preparación de licitación que consiga una concesión “bankable” y un precio atractivo de agua.

### Condiciones necesarias para conseguir una licitación BOT exitosa

- Claridad en los objetivos marcados por parte del sector público.
- Equipo experimentado de asesores, incluyendo:
  - Consultoría técnica e ingeniería
  - Consultoría legal
  - Consultores financieros/económicos
- La redacción de los documentos de licitación, incluyendo los criterios de precalificación para los ofertantes, los criterios de selección del mejor proponente, y el contrato de concesión, deben todos reflejar los objetivos del sector público.
- Proceso de consultas con consumidores potenciales, autoridades locales, ofertantes potenciales y entidades financieras antes y durante el proceso de licitación.
- Elaborar el contrato de concesión considerando los intereses de las potenciales entidades financieras.

### Cláusulas importantes de concesión que permiten la “bankabilidad” del proceso BOT

- Cláusula Take-or-Pay o estructura de capacidad/energía de forma que el concesionario no asuma el riesgo de demanda.
- Indexación de precio supeditado a ciertas variables, como el precio de electricidad, inflación y tipos de cambio.
- Cláusulas de terminación que aseguren que:
  - Los financiadores y el concesionario sean “*made whole*” (se pague toda la deuda y equity pendiente) en caso de incumplimiento (default) del gobierno.
  - Los financiadores sean compensados (en parte) en caso de fuerza mayor.

- Los financiadores tengan el derecho a intervenir (“step-in” i.e. reemplazar el concesionario) en caso de incumplimiento (default) en sus obligaciones de deuda.
- Mecanismo transparente de arbitraje y protección contra cambios de ley.

Importante considerar todos los factores relevantes durante el proceso de licitación para evitar prolongar el cierre financiero y la extensión innecesaria del proceso

## Requisitos para un proyecto DBOM exitoso

Un contrato DBOM exitoso debe basarse en requisitos claros y bien definidos por el sector público para los contratistas.

### Puntos necesarios para lograr el éxito de un proyecto DBOM

- El pliego de condiciones debe ser claro y según los objetivos a largo plazo del sector público
- Proceso exhaustivo de pre-licitación, para dar a conocer el proyecto y atraer competidores (PQ, RFI, conferencias, etc.)
- Se debe introducir un sistema óptimo de garantías del contratista para maximizar el compromiso a largo plazo de la empresa en el proyecto
- Seleccionar un contratista con buena reputación para minimizar el riesgo de una salida temprana
- El sector público debe establecer un órgano de control fuerte que supervisará todos los trabajos de contratistas a lo largo de la vida útil del proyecto
- La reglamentación del proyecto debe ser clara y precisa, y establecer un SQC (Service Quality Criteria, o criterios de calidad de servicio) claramente definido para el contratista O & M
- Un sistema claramente definido de multas y recompensas, vinculado a la SQC, permitirá una supervisión eficaz por el sector público sobre los contratistas

- 
- Varios pagos en función de hitos para la fase de construcción de las instalaciones reducirá al mínimo la exposición de contratistas y sus necesidades de financiación
  - Fuerte respaldo para el proyecto de máximas autoridades gubernamentales (Ministerios de Finanzas, Obras Públicas)

Un proyecto exitoso de DBOM requiere un eficaz monitoreo y supervisión por parte del sector público en etapas EPC y O&M

# Detalles del Modelo Financiero

## Parámetros

### Plant data

Facility capacity (Day)	100,000
Facility Capacity (Year)	36,600,000
Water price	
Water price	
Fixed price	0.000 \$
Variable price	1.788 \$
total	1.788 \$

### General

	Unit	Unit	Unit	Unit
Concession period	27 Year	108 Quarter	324 Month	54 half year
Construction period	2 Year	8 Quarter	24 Month	4 half year
Operation period	25 Year	100 Quarter	300 Month	50 half year
First year of construction	2015			
First half of construction	1			
First year of operation	2017			
Capitalization rate	9.5%			

### CAPEX

	Cost	Currency
Pipeline - Pipe and equipment	92,976,800	\$
Pipeline - Civil works	11,200,000	\$
Pipeline - Pumps	2,103,750	\$
Pipeline - Work in pumps	165,000	\$
Pipeline - Reservoir	5,000,000	\$
Pipeline - Rights of way	6,350,000	\$
Marine works	6,145,000	\$
Civil works	17,850,000	\$
Equipment including + erection and assembly	42,065,000	\$
Piping including valves fittings supports and installation	29,860,000	\$
Electrical Equipment + cabling	9,745,000	\$
Instrumentation & control systems	2,325,000	\$
Spare parts	1,600,000	\$
Shipping, shipping documents , bank guarantees & other indirect costs	3,060,000	\$
Project management charges including design, construction management & supervision, commissioning	9,350,000	\$
Grant	-	\$

### Depreciation

	Accountant depreciation	Tax depreciation
Pipeline - Pipe and equipment	25.0	16.0
Pipeline - Civil works	25.0	16.0
Pipeline - Pumps	10.0	3.0
Pipeline - Work in pumps	25.0	25.0
Pipeline - Reservoir	25.0	25.0
Pipeline - Rights of way	25.0	25.0
Marine works	25.0	25.0
Civil works	25.0	25.0
Equipment including + erection and assembly	15.0	5.0
Piping including valves fittings supports and installation	25.0	25.0
Electrical Equipment + cabling	15.0	5.0
Instrumentation & control systems	15.0	5.0
Spare parts	25.0	25.0
Shipping, shipping documents , bank guarantees & other indirect costs	25.0	25.0
Project management charges including design, construction management & supervision, commissioning	25.0	25.0
Grant	25.0	25.0

### OPEX

#### Fixed costs

	cost	Currency
Operation costs - plant	1,500,000	\$
Operation costs - pipeline	250,000	\$
O & M Margin - plant	150,000	\$
O & M Margin - pipeline	25,000	\$
Membrane replacment	375,000	\$
O & M Margin membranes	37,500	\$

#### Variable costs

	cost	Currency
Plant Electricity / m3	0.462	\$
Piping electricity / m3	0.324	\$
Chemicals / m3	0.067	\$
O&M Margin Plant Electricity	0.023	\$
O&M Margin Piping Electricity	0.016	\$
O&M Margin Chemicals	0.007	\$

## CAPEX

Guaranties during construction	23,979,555	\$
Commission rates on guarantees	0.80%	
Guarantee Cost / year	191,836	\$

## Equipment renewal

	Amount	Currency	Every X halves	Depreciation type
Pipeline - Water pumps	2,109,750	\$	20	Pipeline - Water pumps
Equipment including + erection and assembly	21,032,500	\$	30	Equipment including + erection + assembly
Electrical Equipment + cabling	7,308,750	\$	30	Electrical Equipment + cabling
Instrumentation & control systems	2,325,000	\$	30	Instrumentation & control system

## Financial Parameters

	Value	Cost Generator
Report currency	\$	
Percentage from cash flow to Debt service	50%	
Debt service fund	50%	Out of next year payments
Debt service fund	1	Is part of loan? (0 - No)
Deposit to operation fund in last half year of construction period	TRUE	
Is there a need for operation fund?	TRUE	
Operating fund	50%	Out of next year payments
Operating fund calculated forward (number of semesters)	2	
First payment of operating fund	18,744,250	
Corporate tax	20%	
VAT	15.5%	
Percentage of cash flow for dividend	80%	

## Working capital

Accounts receivables	30 Days
Accounts payables	30 Days
Inventory	0 Days
VAT receivable	15 Days

## Funding

Guarantees during operation period	18,744,250	\$
Guarantees fee	0.80%	
Guarantees cost	149,954	\$
Guarantee added at end of project	0	\$
Number of years for increased guarantee	2	Years

## Distribution of Funding

### Equity

	Percent from investment	Currency
From of investment		
1.00%	\$	
-	\$	
80.00%	\$	
19.00%	\$	
	80%	\$

	Basic Interest	Margin	Repayment period
Deposit Interest	1.50%	0.00%	
Short term loan	2.79%	3.50%	0.0
Shareholders' loan 1	2.79%	6.7100%	24.0
Long term loan	2.79%	3.50%	24.0
Refinanced loan	2.79%	3.50%	24.0
Bridge loan	2.79%	2.00%	0.00%
Shareholders' loan 2	2.79%	6.71%	24.0
Loan for debt service fund	2.79%	3.50%	

## Cash Flow

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025						
	Half number	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	Project Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
	Operating Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
	<b>Predicted cash flow</b>																	
	<b>Total Income</b>	0	0	65,676,555	65,715,732	65,751,090	65,796,066	65,821,067	65,856,047	65,891,027	65,915,313	65,950,012						
	Fixed cost	0	0	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000						
	Variable cost	0	0	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500						
	Increase (decrease) accounts receivable	0	0	-6,525,690	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Increase (decrease) accounts payable	0	0	3,748,950	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Increase (decrease) Inventory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Increase (decrease) VAT receivable	0	0	-430,410	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Transfer from/to operation fund	0	-18,744,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Transfer from/to debt coverage fund	0	0	-1,165,181	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361						
	Transfer from/to equipment renewal fund	0	-8,662,361	-719,000	0	0	0	0	0	0	0	0						
	<b>Operational cash flow</b>	0	-27,406,831	23,092,815	25,890,671	25,926,229	25,961,225	25,996,206	26,031,186	26,066,166	26,099,452	26,125,150						
	Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Net investment in assets	-119,897,775	-119,897,775	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	<b>Free cash flow</b>	-119,897,775	-147,304,406	23,092,815	25,890,671	25,926,229	25,961,225	25,996,206	26,031,186	26,066,166	26,099,452	26,125,150						
	<b>Free cash flow without tax</b>	-119,897,775	-147,304,406	23,092,815	25,890,671	25,926,229	25,961,225	25,996,206	26,031,186	26,066,166	26,099,452	26,125,150						
	Received loans	95,918,220	119,576,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Payed loans	0	0	-4,407,477	-4,694,707	-4,979,276	-5,292,578	-5,625,481	-5,979,324	-6,355,424	-6,755,180	-7,180,081						
	Funding cost - Senior debt	0	0	-14,356,903	-14,079,673	-13,785,005	-13,471,802	-13,136,899	-12,785,056	-12,408,957	-12,009,201	-11,584,300						
	Increase (decrease) Shareholders' loan	22,780,577	26,341,985	-636,569	-2,132,860	-2,413,579	-2,680,379	-2,970,677	-3,288,905	-3,637,143	-4,029,708	-4,469,311						
	Funding costs - Shareholders' loan	0	0	-2,398,252	-4,847,289	-4,442,291	-4,212,118	-3,956,665	-3,673,620	-3,360,362	-3,040,235	-2,770,979						
	Increase (decrease) Equity	1,198,979	1,386,420	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Dividend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Guarantees	0	0	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908						
	<b>Sum cost of funding and tax</b>	119,897,775	147,304,406	-22,297,109	-25,944,438	-25,920,149	-25,956,793	-25,991,930	-26,026,813	-26,062,419	-26,119,021	-26,142,470						
	Cash at beginning of period	-0	-0	629,781	1,646,604	1,707,885	1,719,662	1,727,510	1,736,259	1,745,004	1,753,745	1,762,481						
	Cash flow growth	-0	0	805,705	46,433	6,080	4,442	4,375	4,373	-696,252	-28,568	680						
	Cash at end of period	-0	-0	1,435,487	1,693,037	1,713,965	1,724,104	1,731,885	1,740,631	1,748,731	1,756,977	1,765,161						
	<b>Total senior debt repayments (funding and interest)</b>	95,918,220	119,576,001	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361						

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Project year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
	Free cash flow	-119,897,775	-147,304,406	23,092,815	25,890,671	25,926,229	25,961,225	25,996,206	26,031,186	26,066,166	26,099,452	26,125,150						
	Cash in funds	0	27,406,831	29,756,222	29,969,239	29,982,186	29,996,903	29,991,290	29,995,653	29,990,095	29,973,799	29,972,945						
	Senior debt repayments	95,918,220	119,576,001	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361	-18,764,361						
	Funding income from balance	0	0	419,654	458,831	494,189	529,185	564,165	599,146	634,126	668,412	699,110						
	Received loans	95,918,220	119,576,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Payed loans	0	0	-4,407,477	-4,694,707	-4,979,276	-5,292,578	-5,625,481	-5,979,324	-6,355,424	-6,755,180	-7,180,081						
	Funding cost - Senior debt	0	0	-14,356,903	-14,079,673	-13,785,005	-13,471,802	-13,136,899	-12,785,056	-12,408,957	-12,009,201	-11,584,300						
	<b>ADSCR (without cash at beginning of period)</b>				1.23	1.38	1.38	1.38	1.38	1.39	1.39	1.39						
	Minimum				1.19													
	Average				1.44													
	<b>Operating ADSCR (without bridging loan)</b>				1.23	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36						
	Minimum				1.17													
	Average				1.41													
	<b>Annual DSCR (with cash and reserve funds)</b>					2.92	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93						
	Minimum				2.70													
	Average				2.91													
	Weighted capital cost senior debt	0.00%	0.00%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%						
	Weighted capital cost	0.00%	0.00%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%						
	Free cash flow during the life of loan	-119,897,775	-147,304,406	22,673,161	25,432,040	25,432,040	25,432,040	25,432,040	25,432,040	25,432,040	25,432,040	25,432,040						
	NPV - Free cash flow during the life of loan	285,121,692	552,323,673	636,764,199	625,164,945	612,636,099	599,731,769	585,803,176	570,998,475	555,282,557	538,538,651	520,759,098						
	NPV - Free cash flow during the life of project	296,615,796	563,617,967	648,797,769	637,955,426	626,431,103	614,161,899	601,162,219	587,323,801	572,614,535	556,980,269	540,382,605						
	NPV - funding expenses	2,352,972	3,112,277	3,671,531	4,124,339	4,367,538	4,606,563	4,840,810	5,069,057	5,217,234	5,311,376	5,374,229						
	<b>The balance of senior debt loan</b>	155,391,615	388,489,868	458,160,825	449,932,139	440,122,969	429,696,802	418,614,829	406,835,800	394,315,670	381,006,436	366,663,965						
	<b>LLCR</b>	0.00	0.00	1.39	1.39	1.39	1.40	1.40	1.40	1.41	1.41	1.42						
	Min				1.39													
	<b>PLCR</b>	0.00	0.00	1.41	1.42	1.42	1.43	1.44	1.44	1.45	1.46	1.47						
	Min				1.41													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
110																			
111		<b>Equity IRR calculations</b>																	
112																			
113		Increase in share capital																	
114		Dividend																	
115		Increase (decrease) Shareholders' loan																	
116		Funding expenses - Shareholders' loan																	
117																			
118		<b>Total</b>																	
119																			
120		<b>Accumulated total</b>																	
121																			
122																			
123																			
124																			
125																			
126																			
127																			
128																			
129																			
130																			
131																			
132																			
133																			
134																			
135																			
136																			
137																			
138																			
139																			
140																			
141																			
142																			
143																			
144																			
145																			
146																			
147																			
148																			
149																			
150																			
151																			
152																			
153																			
154																			
155																			

	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
1	2028	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
4	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14	65,984,937	66,003,349	66,021,687	66,056,611	66,091,537	66,126,463	65,929,198	65,712,379	65,716,242	65,719,580	65,722,897	65,706,973	65,684,525	65,663,668	65,663,264	65,326,790
15																
16	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000
17	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,744,250	0
25	-2,336,361	-121,887	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	30,444,903	-221,447	-221,447	-221,447	-221,447	2,103,750	0	0	0	0
26	0	0	-0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0	0	-0	9,382,190	0
27																
28																
29	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	23,565,667	22,574,384	22,374,075	50,288,013	21,708,982
30																
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,652,808	-5,821,840	-5,821,092	-6,033,191	-6,129,308
32	0	-2,103,750	0	0	0	0	-30,668,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33																
34	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	23,565,667	22,574,384	22,374,075	50,288,013	21,708,982
35																
36	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	28,218,473	28,196,025	28,195,168	56,321,204	27,838,290
37																
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	-7,631,708	-8,111,742	-8,621,971	-9,164,293	-9,740,727	-10,363,418	-11,004,648	-11,696,841	-12,432,572	-13,214,581	-14,045,778	-14,929,257	-15,968,308	-16,966,424	-17,927,322	0
40	-11,132,673	-10,652,638	-10,142,410	-9,600,088	-9,023,654	-8,410,962	-7,759,732	-7,067,540	-6,331,809	-5,549,800	-4,718,603	-3,835,123	-2,896,073	-1,897,956	-837,058	-0
41	-3,437,923	-3,377,340	-4,164,299	-4,589,616	-5,055,410	-5,565,455	-6,121,274	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	-2,474,617	-2,143,226	-1,779,947	-1,382,662	-945,973	-465,033	-37,197	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	-1,182,510	-1,204,113	-1,188,669	-1,194,456	-1,200,277	-1,206,098	-7,414,215	-8,876,557	-9,938,109	-10,944,829	-11,848,242	-12,602,764	-13,209,343	-13,672,216	-14,000,293	-14,198,079
45	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908
46																
47	-26,159,348	-26,289,212	-26,196,825	-26,231,750	-26,266,676	-26,300,874	-27,316,975	-27,940,945	-28,003,397	-28,009,118	-28,012,531	-24,167,052	-22,853,631	-22,401,504	-44,689,581	-27,717,987
48																
49	294,900	300,784	296,646	297,887	299,342	300,797	951,261	2,157,554	2,231,679	2,235,692	2,236,642	1,877,078	976,582	661,734	607,891	9,353,306
50	728	244	522	727	728	728	902,273	81,585	2,898	515	419	-601,385	-79,247	-27,430	5,598,432	-6,009,005
51	295,627	301,028	297,167	298,614	300,069	301,524	1,853,554	2,219,139	2,234,777	2,236,207	2,237,061	1,275,691	897,336	834,304	6,406,323	3,344,301
52																
53	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																

	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
61																
62	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
63	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	23,565,667	22,574,384	22,374,075	50,288,013	21,708,982
64	28,274,072	28,279,229	28,274,846	28,275,565	28,276,293	28,277,021	28,926,777	29,230,777	29,243,517	29,244,432	29,244,867	28,894,882	28,585,774	28,550,172	397,318	3,344,301
65	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381	-18,764,381
66	728,036	746,448	764,785	799,710	834,635	869,561	672,294	455,476	459,241	462,679	465,995	450,071	427,623	426,765	426,363	69,889
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	-7,631,708	-8,111,742	-8,621,971	-9,164,293	-9,740,727	-10,363,418	-11,004,648	-11,696,841	-12,432,572	-13,214,581	-14,045,778	-14,929,257	-15,968,308	-16,966,424	-17,927,322	0
69	-11,132,673	-10,652,638	-10,142,410	-9,600,088	-9,023,654	-8,410,962	-7,759,732	-7,067,540	-6,331,809	-5,549,800	-4,718,603	-3,835,123	-2,896,073	-1,897,956	-837,058	-0
70																
71	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.50	1.49	1.49	1.49	1.49	1.26	1.20	1.19	2.68	
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.23	1.18	1.17	2.66	
79																
80																
81																
82																

110																		
111																		
112																		
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	1,192,510	1,204,113	1,198,889	1,194,458	1,200,277	1,206,098	7,414,215	8,876,557	8,938,109	8,944,829	8,948,242	5,102,764	3,589,343	3,337,216	25,625,293	27,418,079		
115	3,437,923	3,677,340	4,184,399	4,589,818	5,055,410	5,585,455	801,274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	2,474,617	2,143,228	1,778,947	1,382,662	945,973	485,033	37,197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117																		
118	7,095,060	7,224,679	7,132,015	7,166,734	7,201,659	7,236,585	8,252,687	8,876,557	8,938,109	8,944,829	8,948,242	5,102,764	3,589,343	3,337,216	25,625,293	27,418,079		
119																		
120	26,131,174	40,574,670	54,826,180	69,142,193	83,538,049	97,983,756	113,898,919	131,405,692	149,272,317	167,158,914	185,054,724	197,665,793	205,161,465	211,945,615	240,802,471	305,833,774		
121																		
122																		
123																		
124	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
125	7,095,060	7,224,679	7,132,015	7,166,734	7,201,659	7,236,585	8,252,687	8,876,557	8,938,109	8,944,829	8,948,242	5,102,764	3,589,343	3,337,216	25,625,293	27,418,079		
126	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	23,565,667	22,574,384	22,374,075	50,288,013	21,708,982		
127	26,160,076	26,289,212	26,196,825	26,231,750	26,266,676	26,301,601	28,219,248	28,002,430	28,006,295	28,009,633	28,012,949	28,218,473	28,196,025	28,195,166	56,321,204	27,838,290		
128	1,182,510	1,204,113	1,188,669	1,194,456	1,200,277	1,206,098	7,414,215	8,876,557	8,938,109	8,944,829	8,948,242	5,102,764	3,589,343	3,337,216	25,625,293	27,418,079		
129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
130	1,182,510	1,204,113	1,188,669	1,194,456	1,200,277	1,206,098	7,414,215	8,876,557	8,938,109	8,944,829	8,948,242	5,102,764	3,589,343	3,337,216	25,625,293	27,418,079		
131																		
132																		
133																		
134																		
135																		
136																		
137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2039	0	0	0
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2039	0	0	0
139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2040	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143																		
144																		
145	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE						
146	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE						
148	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE						
149																		
150	7,095,787	7,224,923	7,132,537	7,167,461	7,202,387	7,237,313	8,154,960	8,938,142	8,942,006	8,945,344	8,948,681	4,501,378	3,510,096	3,309,788	31,223,725	21,409,074		
151																		
152																		
153																		
154																		
155	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.50	1.49	1.49	1.49	1.49	1.28	1.20	1.19	2.68	0.00		

## Reportes Financieros

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Year			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021				
	Project Year			1	2	3	4	5	6	7				
	Operating Year			1	2	3	4	5	6	7				
	Total			1	2	3	4	5	6	7				
9	<b>Financial reports</b>													
11	<b>Profit and loss</b>													
17	<b>Income</b>													
18	Total income													
19				1,631,422,533	-	-	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901
20	<b>Expenses</b>													
21	Fixed expenses													
22				-116,875,000	-	-	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000
23	Variable expenses													
24				-820,337,500	-	-	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500
25	Depreciation													
26				-287,836,797	-	-	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651	-22,751,651
27	Sum of expenses													
28				-1,225,049,297	-	-	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151	-60,240,151
29	<b>Profit before funding and tax</b>													
30				406,373,236	-	-	5,016,751	5,016,751	5,016,751	5,016,751	5,016,751	5,016,751	5,016,751	5,016,751
31	<b>Funding costs</b>													
32	Funding income													
33				14,110,491	0	0	419,654	458,831	494,189	529,185	564,165	599,170	634,155	669,140
34	Funding cost - Senior debt													
35				-217,475,916	-	-	-14,356,903	-14,079,673	-13,785,005	-13,471,802	-13,138,899	-12,810,996	-12,483,093	-12,155,190
36	Funding cost - Shareholders' loan													
37				-7,497,700	-	-	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908
38	Funding cost - Debt service fund													
39				-0	-0	-0	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Funding cost - Debt service fund													
41				-43,997,844	-	-	-4,666,643	-4,647,289	-4,442,281	-4,212,116	-4,012,116	-3,812,116	-3,612,116	-3,412,116
42	<b>Sum of funding costs</b>													
43				-268,971,460	-0	-0	-19,323,455	-19,026,870	-18,527,194	-17,983,826	-17,439,458	-16,895,090	-16,350,722	-15,806,354
44	<b>Tax report</b>													
45	Profit before tax													
46				151,512,267	-0	-0	-19,887,051	-19,551,289	-19,215,527	-18,879,765	-18,543,003	-18,207,241	-17,871,479	-17,535,717
47	<b>Tax expenses</b>													
48	Corporate tax													
49				-10,222,083	-	-	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258	-10,781,258
50	Depreciation adjustment for tax													
51				141,290,183	-0	-0	-24,668,309	-24,332,546	-23,797,513	-23,262,480	-22,727,447	-22,192,414	-21,657,381	-21,122,348
52	Profit before tax - for tax													
53				-8,251,816	-	-	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816	-8,251,816
54	Tax													
55				-26,258,037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	Net accounting profit													
57				123,254,230	-0	-0	-13,887,051	-13,551,289	-13,016,255	-12,481,222	-11,946,188	-11,411,154	-10,876,120	-10,341,086
58	Net profit for tax													
59				113,032,147	-0	-0	-24,668,309	-24,332,546	-23,797,513	-23,262,480	-22,727,447	-22,192,414	-21,657,381	-21,122,348
60	Accumulating Net accounting profit													
61				-126,760,181	-0	-0	-13,887,051	-27,439,339	-40,454,594	-52,140,423	-63,202,919	-73,765,415	-84,327,911	-94,890,407
62	Accumulating loss for tax													
63				-2,772,255,534	-0	-0	-36,988,179	-85,899,431	-133,767,586	-178,244,304	-220,745,190	-263,245,908	-305,746,626	-348,247,344

	A	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
18	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901
21	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000
22	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500
24	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092	-10,388,092
26	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592	-47,876,592
28	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309	17,380,309
32	599,146	634,126	658,412	693,110	728,036	746,448	764,785	799,710	834,635	869,561	899,487
33	-12,785,056	-12,408,957	-12,009,201	-11,584,300	-11,132,673	-10,652,638	-10,142,410	-9,600,088	-9,023,654	-8,410,962	-7,773,010
34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	-3,673,620	-3,360,362	-3,040,235	-2,770,979	-2,474,617	-2,143,226	-1,778,947	-1,382,662	-945,973	-465,033	-
40	-16,758,584	-16,069,227	-15,349,344	-14,655,187	-13,907,198	-13,095,772	-12,221,265	-11,282,658	-10,269,534	-9,175,903	-8,000,000
44	1,220,871	1,945,209	2,689,377	3,418,233	4,201,147	5,030,985	5,923,829	6,897,361	7,945,410	9,073,967	10,283,000
47	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
48	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301	1,582,301
49	2,803,172	3,527,510	4,271,678	5,000,534	5,783,448	6,387,668	7,280,512	8,254,044	9,302,093	10,430,650	11,638,000
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	1,220,871	1,945,209	2,689,377	3,418,233	4,201,147	5,030,985	5,923,829	6,897,361	7,945,410	9,073,967	10,283,000
52	2,803,172	3,527,510	4,271,678	5,000,534	5,783,448	6,387,668	7,280,512	8,254,044	9,302,093	10,430,650	11,638,000
55	-61,982,047	-60,036,838	-57,347,461	-53,929,228	-49,728,081	-44,697,095	-38,773,266	-31,875,905	-23,930,494	-14,856,527	-
57	-227,092,583	-220,406,550	-212,229,433	-202,598,986	-191,430,682	-178,958,957	-164,858,646	-148,846,281	-130,775,798	-110,489,234	-

	A	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1		2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
4		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
5		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
6		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
7											
8											
9	Financial reports										
10											
11											
12											
13											
17											
18		65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901	65,256,901
19											
20											
21		-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000	-4,675,000
22		-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500	-32,813,500
24		-16,521,342	-9,538,517	-9,538,517	-9,538,517	-9,538,517	-3,405,267	-3,405,267	-3,405,267	-3,405,267	-3,405,267
25											
26		-54,009,842	-47,027,017	-47,027,017	-47,027,017	-47,027,017	-40,893,767	-40,893,767	-40,893,767	-40,893,767	-40,893,767
27											
28		11,247,059	18,229,884	18,229,884	18,229,884	18,229,884	24,363,134	24,363,134	24,363,134	24,363,134	24,363,134
29											
30											
31											
32		672,294	455,476	459,341	462,679	465,995	450,071	427,623	426,765	426,363	69,889
33		-7,759,732	-7,067,540	-6,331,809	-5,549,800	-4,718,603	-3,835,123	-2,896,073	-1,897,956	-837,058	-0
34		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35		-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908	-299,908
36		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37		-37,197	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39											
40		-8,096,837	-7,367,448	-6,631,717	-5,849,708	-5,018,511	-4,135,031	-3,195,981	-2,197,864	-1,136,966	-299,908
41											
42											
43											
44		3,822,517	11,317,913	12,057,509	12,842,855	13,677,369	20,678,174	21,594,777	22,592,035	23,652,531	24,133,115
45											
46											
47		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
48		-6,802,650	380,174	380,174	380,174	380,174	6,513,424	6,513,424	6,513,424	6,513,424	6,513,424
49		-2,780,134	11,698,087	12,437,683	13,223,030	14,057,543	27,191,599	28,108,201	29,105,459	30,165,955	30,646,539
50		-	-	-	-	-	-4,652,806	-5,621,640	-5,821,002	-6,033,191	-6,129,308
51		3,822,517	11,317,913	12,057,509	12,842,855	13,677,369	16,025,369	15,973,136	16,770,943	17,619,340	18,003,807
52											
53		-2,780,134	11,698,087	12,437,683	13,223,030	14,057,543	22,538,793	22,486,561	23,284,368	24,132,764	24,517,231
54											
55		-11,034,010	283,902	12,341,411	25,184,267	38,861,635	54,887,004	70,860,140	87,631,083	105,250,423	123,254,230
56											
57		-109,288,534	-93,230,485	-68,730,343	-42,682,912	-14,991,419	-	-	-	-	-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														
101														
102														
103														

	A	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
58											
59											
60											
61		1,220,871	1,945,209	2,689,377	3,418,233	4,201,147	5,030,985	5,923,829	6,897,361	7,945,410	9,073,967
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68		10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092	10,388,092
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75		-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-121,887	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361	-2,336,361
76		-0				0	0	-0		0	-0
77											
78											
79							-2,103,750				
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88		-5,979,324	-6,355,424	-6,755,180	-7,180,081	-7,631,708	-8,111,742	-8,621,971	-9,164,293	-9,740,727	-10,353,418
89											
90		-3,288,905	-3,637,143	-2,838,708	-3,112,506	-3,437,933	-3,877,340	-4,164,399	-4,589,616	-5,055,410	-5,565,455
91											
92											
93											
94											
95			-700,625	-1,175,789	-1,176,697	-1,182,510	-1,204,113	-1,188,669	-1,194,456	-1,200,277	-1,206,098
96											
97		4,373	-696,252	-28,568	680	728	244	522	727	728	728
98											
99		1,736,259	1,745,004	322,515	293,494	294,900	300,784	296,646	297,887	299,342	300,797
100											
101		1,740,631	1,048,751	293,947	294,174	295,627	301,028	297,167	298,614	300,069	301,524
102											
103											

	A	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
58											
59											
60											
61		3.822,517	11.317,913	12.057,509	12.842,855	13.677,369	16.025,369	15.973,136	16.770,943	17.619,340	18.003,807
62											
63											
66											
67											
68		16.521,342	9.538,517	9.538,517	9.538,517	9.538,517	3.405,267	3.405,267	3.405,267	3.405,267	3.405,267
69											
70		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74		-	-	-	-	-	-	-	-	18.744,250	-
75		30.444,803	-221,447	-221,447	-221,447	-221,447	2.103,750	-	-	-	-
76		-	-	-0	-0	0	-0	-	-0	9.382,190	0
77											
78											
79											
80		-30.666,250	-	-	-	-	-2.103,750	-	-	-	-
82											
83											
84											
87		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88		-11.004,648	-11.696,841	-12.432,572	-13.214,581	-14.045,778	-14.929,257	-15.868,308	-16.866,424	-17.927,322	-
92		-801,274	-	-	-	-	-	-	-	-	-
93		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95		-7.414,215	-8.876,557	-8.939,109	-8.944,829	-8.948,242	-5.102,764	-3.589,343	-3.337,216	-25.625,293	-27.418,079
96											
97		902,273	61,585	2.898	515	419	-601,385	-79,247	-27,430	5.598,432	-6.009,005
98											
99		951,281	2.157,554	2.231,879	2.235,692	2.236,642	1.877,076	976,582	861,734	807,891	9.353,306
100											
101		1.853,554	2.219,139	2.234,777	2.236,207	2.237,061	1.275,691	897,336	834,304	6.406,323	3.344,301
102											
103											



	A	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
104											
105											
106											
107											
108											
109		1,053,217	1,114,802	1,117,700	1,118,216	1,118,634	517,249	438,002	410,572	6,009,005	-
110		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111		6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690	6,525,690
112		430,410	430,410	430,410	430,410	430,410	430,410	430,410	430,410	430,410	430,410
113		18,744,250	18,744,250	18,744,250	18,744,250	18,744,250	18,744,250	18,744,250	18,744,250	-	-
114		1,217,961	1,439,408	1,660,855	1,882,303	2,103,750	0	0	0	0	0
115		9,382,190	9,382,190	9,382,190	9,382,190	9,382,190	9,382,190	9,382,190	9,382,190	0	-
116											
117		57,284,155	47,745,638	38,207,120	28,668,603	19,130,086	17,828,569	14,423,302	11,018,034	7,612,767	4,207,500
118											
119		94,637,873	85,382,389	76,068,217	66,751,662	57,435,011	53,428,358	49,943,844	46,511,147	20,577,872	11,163,600
120											
121											
122											
123											
126		116,981,083	105,284,243	92,951,671	79,637,090	65,591,312	50,662,054	34,793,747	17,927,322	0	0
127		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
128		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
129		8,861,981	8,785,946	8,709,911	8,633,876	8,557,841	7,255,156	5,952,471	4,649,786	3,347,102	2,044,417
130		2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398	2,585,398
131		-37,539,439	-35,022,048	-31,827,613	-27,853,552	-23,048,390	-10,823,100	2,863,378	17,599,791	10,896,523	2,784,936
132											
133		94,637,873	85,382,389	76,068,217	66,751,662	57,435,011	53,428,358	49,943,844	46,511,147	20,577,872	11,163,600
134											
135		-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
136											
137											
138											
221											
222											
223											
224											

## 10. Resumen y Recomendaciones

### Resumen

- CAPEX US\$ 240 M (US\$122M Planta, US\$118M Tubería)
- OPEX US\$1.03 por m<sup>3</sup>
- BOT: Tarifa Base Agua US\$ 1.79/m<sup>3</sup>, US\$1.11 Desaladora / US\$0.68 Tubería
- DBOM: Tarifa Teórica Agua US\$ 1.58/m<sup>3</sup>, US\$0.92 Desaladora / US\$0.66 Tubería
- Alta sensibilidad a la tarifa eléctrica -> +US\$0.01/kWh => ~+ US\$0.06/m<sup>3</sup>
- Menor sensibilidad a CAPEX -> + US\$10M => + US\$0.03/m<sup>3</sup> agua

### Recomendaciones

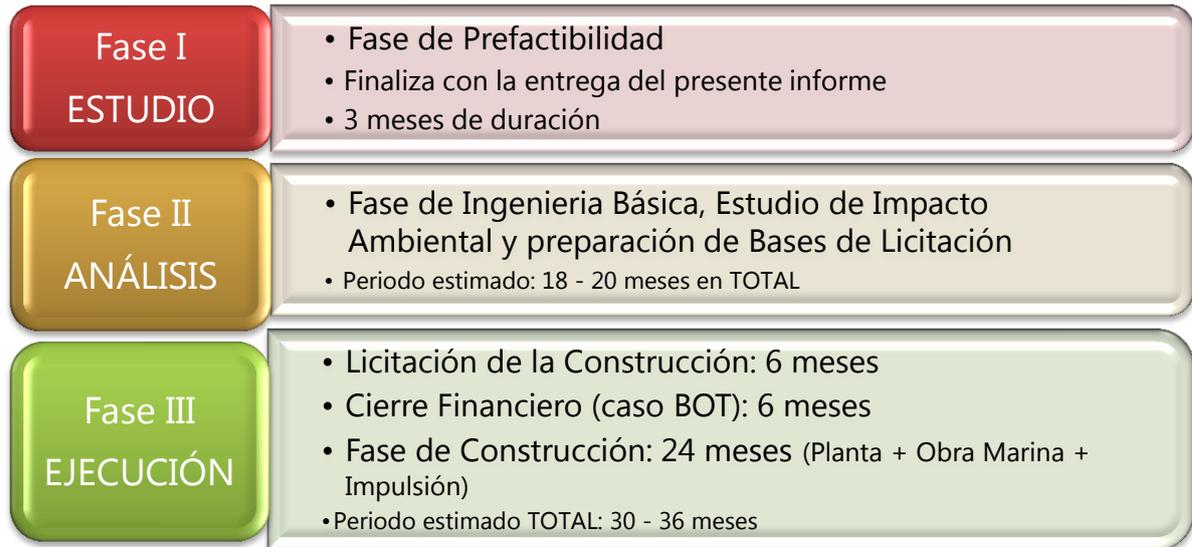
- Limitar tamaño desaladora a 100.000 m<sup>3</sup>/d -> 1.200 LPS
- Iniciar proceso de permisos y Fase 2
- Ingeniería Básica + Estudio de Impacto Ambiental
- Opciones de contratación: DBO o BOT (alta participación privada)
- Fijar demanda, estudiar consumidores potenciales
- Definir relación entre Sector Público y empresa Sanitaria



Planta Desaladora de Hamma, Argelia

## 10-b Cronograma

El cronograma previsto para el desarrollo del proyecto desde la fase actual de prefactibilidad hasta la producción de agua desalada con sus tiempos correspondientes asociados, es el siguiente:



### Programa de desarrollo del Proyecto

ACTIVIDAD	PROYECTO DESALADORA COPIAPO - PROGRAMA DE DESARROLLO																							
	2012				2013				2014				2015				2016				2017			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
<b>1.- Definición Proyecto</b>																								
<b>2.- Estudio Pre Factibilidad Técnico, Ambiental y Económico</b>																								
- Definir localización, diseño preliminar																								
- Estudio tarifario y de sensibilidad																								
<b>3.- Decisión GO / NO GO</b>																								
- Definición de modelo de contratación (DBOM o BOT)																								
<b>4.- Estudio Factibilidad</b>																								
- Confección bases, licitación y contratación																								
- Planeamiento general																								
- Ingeniería Básica Desaladora																								
- Ingeniería Básica Tubería, Red de Distribución																								
- EIA: Desaladora, Conduccion, linea Electrica																								
- Estudios y modelos económico-financieros																								
- Concesion Maritima																								
- Análisis de Servidumbres																								
- Permisos Sectoriales y Otros																								
- Preparación Bases de Licitación																								
<b>5.- Licitación y Adjudicación</b>																								
- Invitación y Precalificación																								
- Elaboración de Oferta																								
- Estudio y Adjudicación																								
<b>6.- Financiamiento</b>																								
- Cierre Financiero (caso BOT)																								
<b>7.- Ejecución del Proyecto</b>																								
- Ingeniería de Detalle																								
- Ejecución Obra Desaladora																								
- Ejecución Obra Marina																								
- Ejecución Obra Conducción e Impulsión																								
<b>8.- FIRST WATER</b>																								

---

## 11. Equipo de Trabajo

Para llevar a cabo el presente estudio Aqua Advise ha puesto a disposición de la CCIRA sus mejores profesionales, especializados en cada una de las áreas relativas al proyecto.

El equipo de trabajo se ha dividido en cinco áreas de especialización:

- Equipo técnico: Especializado en optimizar el diseño de plantas desaladoras de tamaños importantes. Han intervenido en los proyectos más emblemáticos a nivel internacional.
- Equipo Financiero: Se trata de una de las 10 empresas consultoras financieras líderes a nivel internacional. Cuentan con una amplia experiencia de veinte años asesorando operaciones a entidades privadas y gobiernos.
- Equipo/Asesoramiento político: Construcción y operación plantas desaladoras de agua de mar a nivel de gestión de gobierno. Basado en la experiencia de España con el Plan Agua
- Equipo especializado en cuestiones ambientales: Se ha realizado un análisis ambiental preliminar para el estudio. La consultora chilena INFRAECO ha colaborado con Aqua Advise en la determinación de los aspectos ambientales que atañen al proyecto, tales como la selección de la ubicación de la planta desaladora y el estudio de las variables a tener en cuenta.
- Equipo de coordinación y Supervisión: Liderado por Borja Blanco, dada su amplia experiencia y conocimiento en el sector de la desalación a nivel internacional. Encargado de coordinar y supervisar el contenido de dicho estudio, así como su entrega en tiempo y forma a la CCIRA.



Los Curriculum Vitae de las personas y empresas que han colaborado en el estudio se encuentran a disposición del cliente, y fueron entregados a la CCIRA en el segundo informe de avance.

Además se ha contado para el correcto desarrollo del estudio con la ayuda de un comité técnico que la CCIRA ha puesto a disposición de Aqua Advise como contraparte técnica, y con fuerte apoyo por parte de la Comisión Nacional de Riego.

Equipo compuesto por:

1. Un representante de Seremi de Medio Ambiente
2. Un representante de Seremi de Bienes Nacionales
3. Un representante de Superintendencia de Servicios Sanitarios
4. Un representante de la Corporación para la Competitividad e Innovación de la Región de Atacama

Se han realizado reuniones periódicas durante el desarrollo del estudio con las diferentes entidades implicadas en el proyecto. Así como se han realizado reuniones periódicas con la CCIRA y el Gobierno Regional, coincidiendo con la entrega de cada uno de los informes de avance efectuado.