



CON EL APOYO
DEL GOBIERNO FLAMENCO



Fondo de Innovación para la Competitividad Región de Coquimbo

Proyecto “Desalación de agua de mar mediante sistema Osmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo”.

INFORME FINAL

Institución Ejecutora:

- Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas para América Latina y el Caribe (CAZALAC)

Financiamiento y Apoyo Institucional:

- Gobierno Regional de Coquimbo - Chile
- De Watergroep. Flandes, Bélgica.

Apoyo Institucional:

- Corporación Nacional Forestal (CONAF)
- Gobierno de Flandes. Flandes, Bélgica.

La Serena, Febrero de 2014.

Índice de contenido

RESUMEN PROYECTO.....	4
Antecedentes.....	4
Contexto.....	4
Importancia del proyecto.....	4
Planteamiento del problema.....	6
Población beneficiada.....	7
Objetivo del Proyecto.....	8
Análisis de Coherencia del Proyecto con Políticas y Estrategias Nacionales y Regionales.....	10
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	14
Instituciones participantes.....	14
Diagrama de flujo actividades.....	15
Difusión de la iniciativa y consulta a la comunidad.....	15
Análisis de pertinencia ambiental del proyecto.....	15
Solicitud de permisos ante la autoridad marítima.....	16
Reconocimiento en terreno.....	17
Evaluación y Dimensionamiento de Alternativas Tecnológicas.....	18
Diseño de Obras.....	20
Instalación de faenas.....	21
Construcción de Caseta.....	22
Instalación de obras de captación de agua de mar.....	22
Emplazamiento de tuberías de conducción de salmueras.....	22
Instalación de planta de osmosis inversa.....	23
Instalación de paneles fotovoltaicos.....	23
Pruebas y Funcionamiento.....	24
Obtención de autorizaciones sanitarias.....	24
Actividades de Capacitación.....	25
1 . Capacitación empresa donante De Watergroep.....	26
2 . Capacitación empresa VIGAFLOW.....	26
3 . Material complementario.....	26
Actividades de Difusión del proyecto.....	27
Traspaso del sistema a la Corporación Nacional Forestal.....	29
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESALACIÓN.....	30
Captación del agua marina.....	30
Pretratamiento.....	30
Osmosis Inversa.....	31
RESULTADOS DEL PROYECTO.....	34
1. Evaluación de experiencia piloto única en el país, para el abastecimiento de agua potable basada en Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica en lugares remotos.....	34
2. Elaboración de procedimientos para el dimensionamiento de planta de Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica.....	36
3. El Análisis Costo de Ciclo de Vida Útil del sistema y comparación con	

soluciones alternativas.....	37
4. Entrenamiento de los operarios y difusión de resultados.....	38
5. Aprovechamiento de agua desalada para el abastecimiento de la población flotante de Isla Damas.....	39
LISTADO DOCUMENTOS ANEXOS.....	40

RESUMEN PROYECTO

Antecedentes

Desde el año 2008, el Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC), ha venido desarrollando vínculos y explorando posibles acciones cooperación, a través del Gobierno de Flandes (Bélgica), con la empresa de agua potable VMW (Vlammse Maatschappij voor Watervoorziening), interesada en la evaluación de posibles alternativas de donación-cooperación dentro de las cuales se incluían el sector Punta de Choros y la reserva Pingüino de Humboldt.

Posteriormente, durante el año 2009, CAZALAC, CONAF y la empresa donante VMW, identifican el proyecto sobre la implementación de un sistema de agua potable para Isla Damas, que forma parte de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, donde los directos beneficiarios serán la comunidad visitante de la Isla (personal científico y turistas), y CONAF quién administra la Reserva.

Así, y con un acuerdo con la empresa de agua potable Flandes (VMW), sobre contribuir con la iniciativa de Implementar un sistema de agua potable a pequeña escala en Isla Damas, CAZALAC presenta el perfil del proyecto “Desalación de agua de mar mediante sistema Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo”, al Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) 2011, el cual se adjudica por CAZALAC y se comienza a ejecutar durante el mes de noviembre de 2011.

Contexto

La Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, ubicada en la zona costera del límite norte de la Región de Coquimbo, tiene por finalidad la conservación del medio ambiente y las especies asociadas a los ecosistemas terrestres de las áreas costeras de la zona centro-norte del país. Así, dentro de los principales servicios que presenta la reserva, están los de la conservación de la diversidad, ser un espacio de interés científico, y además ser un área de difusión, concientización y de interés turístico.

Importancia del proyecto

Antes del desarrollo de la presente iniciativa la Isla Damas perteneciente a la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, sitio donde se ha establecido la principal

área orientada a la recepción de visitantes, que se ubica a una distancia de seis kilómetros mar adentro, (accediéndose a esta desde la caleta Punta de Choros), no disponía de un sistema de suministro de agua potable para consumo humano. Para cubrir sus necesidades, los visitantes debían transportar su propia agua de consumo, así como los guardaparques de CONAF, con las consecuentes dificultades de traslados y la posibilidad de que se presentaran de cuando en cuando problemas de salubridad y de calidad del agua consumida. Es por ello que este proyecto responde tanto a las expectativas de la comunidad local, turistas y visitantes, así como a la Institución CONAF, ante la necesidad de realizar esfuerzos para enfrentar la falta de agua potable.

La población directamente beneficiada por esta iniciativa puede ejemplificarse según los datos proporcionados por CONAF:

- Población Flotante: 26.000 visitantes
- Caleta Los Choros: 224 habitantes
- Caleta Punta de Choros: 425 habitantes
- Total Población de Referencia: 26.649 personas

(Fuente: Último Censo y CONAF)

Por otro lado, en cuanto a las características específicas del proyecto, el cual combina captación y acumulación de energía fotovoltaica, para alimentar el proceso de osmosis inversa, en Chile no existían muchos antecedentes sobre la aplicación de ambas tecnologías combinadas en un solo sistema con el fin de producción de agua potable. Sí, hay antecedentes sobre bombeo de agua desde pozos con fines de riego mediante paneles fotovoltaicos y energía eólica.

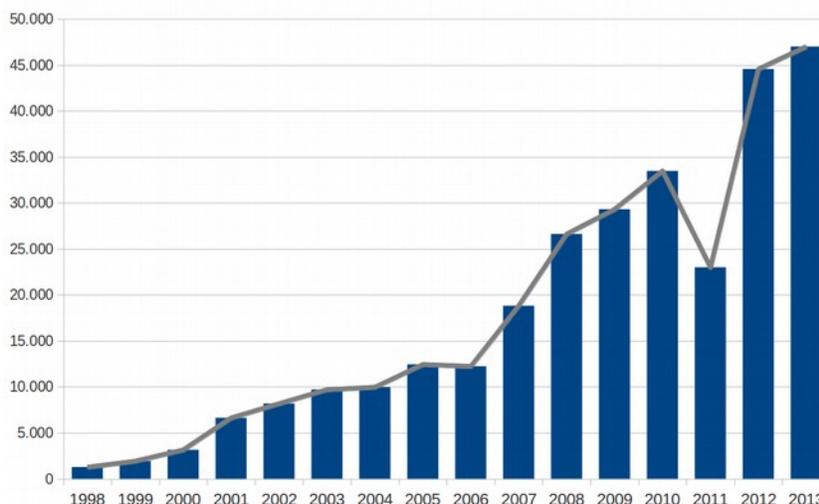
Planteamiento del problema

La Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, se erige como centro turístico de relevancia, con un flujo de visitantes que ha ido en aumento durante los últimos años, llegando a 44.500 visitantes durante el año 2012 y 47.000 visitantes durante el año 2013 (ver figura N°1). Asimismo, es posible observar que sobre un 65% de las visitas anuales se da en el periodo comprendido por los meses de enero y febrero (ver Figura N°2), en los cuales la necesidad de contar con agua potable en el lugar se incrementa sustancialmente.

Ante esto, el disponer de servicios básicos para turistas y otros usuarios, se convierte en una necesidad fundamental, que contribuya a compatibilizar la misión de conservación, pero al mismo tiempo de educación y difusión de la Reserva, estableciendo un escenario propicio para la sostenibilidad de su actividad turística y de conservación.

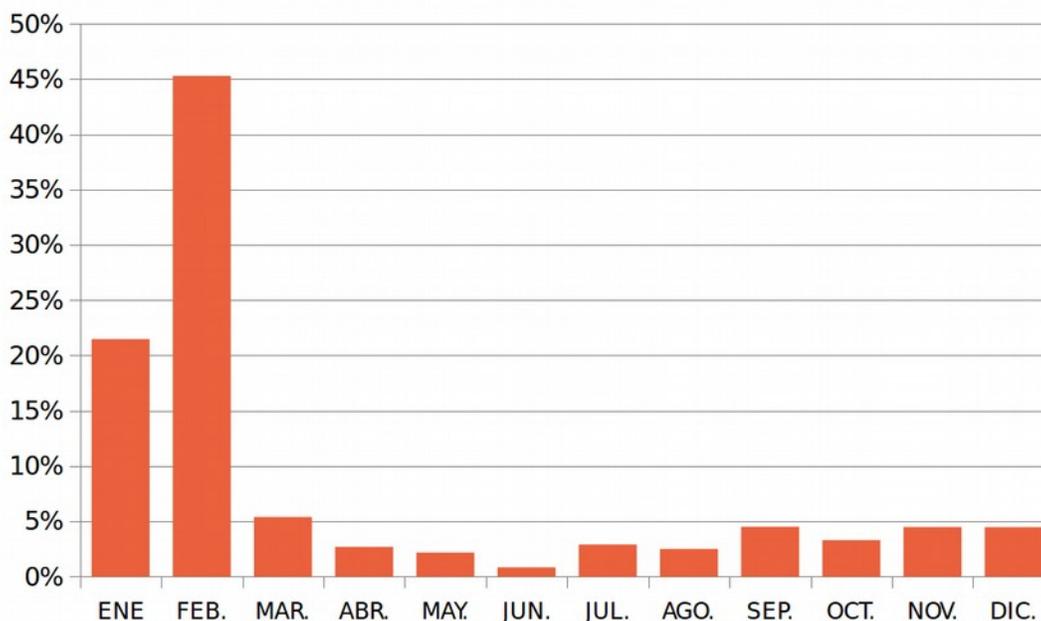
Antes del proyecto, para cubrir sus necesidades, los visitantes, los guardaparques de CONAF, funcionarios de otras instituciones gubernamentales, así como el personal científico que eventualmente permanece por algunos períodos en la isla, debían transportar su propia agua de consumo. Adicionalmente, en su calidad de pequeña isla, esta no contaba con fuentes de agua natural a partir de cursos superficiales o vertientes que provean del vital elemento. Es en virtud de esto, que este proyecto responde tanto a las expectativas de la comunidad local, turistas y visitantes, así como a la Institución CONAF, ante la necesidad de la realización de esfuerzos para enfrentar la falta de agua potable en el lugar.

Figura N°1. Visitas anuales a Isla Damas (periodo 1998 - 2013)



Fuente: Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2013.

Figura N°2. Visitas mensuales de visitantes (periodo 1999 - 2013)



Fuente: Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2012.

Población beneficiada

La población beneficiada por este proyecto de forma directa, son los visitantes, amantes de la naturaleza, investigadores y guardaparques que acceden a Isla Damas regularmente durante todo el año, y que por tanto requieren de abastecimiento de agua potable en un lugar que actualmente no lo posee, evitando así el transporte y almacenamiento de su propia agua de consumo.

El número de visitantes que ingresó a la Reserva, durante la última década se ha más que cuadruplicado, alcanzando las 47.000 personas en el año 2013. A lo cual debemos sumar la constante presencia de cuatro guardaparques en la isla, más numerosos monitores turísticos de CONAF en el período estival.

Mientras que los beneficiarios indirectos pertenecen a la comunidad de Punta de Choros, la cual contiene aproximadamente 750 habitantes. Entre estos destacan principalmente pescadores, y también emprendedores, quienes han desarrollado

pequeñas iniciativas en el sector turístico (Guías de excursión, conductores de embarcaciones, propietarios de restaurantes, alquiler de instalaciones de campamento, etc). Todos ellos se verán beneficiados a mediano plazo por la implementación del proyecto al mejorar las condiciones del lugar, repercutiendo positivamente en su actividad económica.

Objetivo del Proyecto

La iniciativa busca dar solución al aprovisionamiento de agua potable en la Isla Damas, para lo cual se plantearon las tareas principales de diseñar, instalar y evaluar un sistema ósmosis inversa alimentado con Energía Fotovoltaica que sea autosustentable energéticamente y que no afecte las condiciones medioambientales del entorno.

Por su parte, los objetivos específicos del proyecto apuntan a dar cumplimiento a una serie de aspectos de la iniciativa que tienen que ver no solo con dar solución al problema puntual de Isla Damas, sino que además establecer una experiencia replicable en otros escenarios similares de la zona centro norte del país, que cuentan con una baja disponibilidad de recursos hídricos y nulo acceso a fuentes de energía convencionales.

Estos objetivos son:

- Dimensionar una planta de desalación de agua de mar mediante Ósmosis Inversa - Energía Fotovoltaica
- Realizar cubicación y diseño de planta de desalación de agua de mar mediante Ósmosis Inversa -Energía Fotovoltaica
- Instalar planta de desalación de agua de mar mediante Ósmosis Inversa - Energía Fotovoltaica
- Evaluar funcionamiento y desempeño de la planta mediante energéticos y económicos mediante costo de ciclo de vida útil.

El proyecto propone una innovación tecnológica para el medio chileno posible de replicar en otras zonas del país bajo condiciones similares, donde actualmente no existe una fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y sin acceso a fuentes convencionales de energía eléctrica.

Para conseguir los objetivos de abastecimiento de agua potable, se aplican dos tecnologías limpias y eficientes como es la desalación por medio de osmosis inversa, y la provisión de energía para el proceso a través de paneles fotovoltaicos.

El proyecto contribuye así a dotar de agua potable a los visitantes de un territorio insular, mejorando la calidad de la atención de los turistas que ingresan a la Reserva, y del personal de CONAF y otras entidades públicas que tienen que ver con su administración.

Análisis de Coherencia del Proyecto con Políticas y Estrategias Nacionales y Regionales

La iniciativa, pretende generar una solución de abastecimiento de agua potable de uso racional y permanente, a partir de un procedimiento alternativo como es la osmosis inversa y cuya fuente de energía sea de carácter renovable no convencional (ERNC). Esta iniciativa presenta además factores de innovación replicables, el requerimiento de agua potable para consumo humano en islas, y la inexistencia de acceso a fuentes convencionales de energía eléctrica.

En este sentido existen Políticas y Estrategias nacionales y regionales que favorecen y promueven el uso racional y la aplicación de nuevas técnicas para disponer de agua potable; tanto como para generar energía renovable no convencional y aplicarla en múltiples iniciativas.

Entre estas destacan:

Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2012 - 2030¹: Pretende desarrollar múltiples acciones con el fin de contar con recursos energéticos suficientes y competitivos para apoyar el proceso de desarrollo del país, a modo de sustentarlo con energía limpia, segura y económica. Así la ENE, plantea impulsar sostenidamente el desarrollo de las ERNC, duplicando la participación en el mercado de estas fuentes de energía, para lo cual se plantean una serie de medidas:

Mecanismo de licitación para incentivar el desarrollo de las ERNC, a través de licitaciones abiertas por bloques con subsidios del Estado.

Plataforma Geo referenciada - Potencial Económico para Proyectos de ERNC, entregando información actualizada y de carácter público que servirán para orientar y facilitar las decisiones de inversión privada.

Fomento y Financiamiento, para lo cual se espera el diseño y profundización de mecanismos de fomento.

Nueva Institucionalidad para las ERNC, y así promover y facilitar las condiciones para el establecimiento de las ERNC en Chile.

Estrategias por Tecnologías, diferenciada para cada una de las energías: solar, eólica, bioenergía, biomasa, geotermia, mini-hidroeléctricas y mareomotriz, de largo plazo.

Por lo tanto, la línea de trabajo del proyecto se relaciona directamente con los objetivos y acciones propuestas en la ENE, toda vez que busca incentivar el uso de las ERNC, además de fijar precedentes en la localización y su aplicación.

1 Referencia página web: <http://www.minenergia.cl/estrategia-nacional-de-energia-2012.html>

Estrategia Nacional de Recursos Hídricos²: Tiene por objetivo asegurar el abastecimiento, mejorar la institucionalidad y la información, y promover el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico.

En términos concretos la Estrategia se estructura en cinco ejes, estos son:

- Gestión eficiente y sustentable del RRHH, por medio de la gestión de los recursos a través de los usuarios.
- Fortalecer la institucionalidad, dirigido al organismo regulador, y aumentando el rol fiscalizador de la Dirección General de Aguas.
- Generación de nuevas fuentes de agua, a través de construcción de embalses e infiltración de napas subterráneas.
- Equidad social, aumentando la cobertura del agua potable rural.
- Mejoramiento de la información a la ciudadanía, acercar los temas del agua a la población.

Ciertamente el proyecto se relaciona y aporta en varios de los ejes planteados por esta estrategia. En primer lugar con el desarrollo de nuevas fuentes de agua, en este caso desalación de agua de mar a fin de obtener agua potable, contribuyendo también a educar a la población en su uso sustentable del recurso, a partir del emplazamiento del proyecto, en el interior de un área de conservación.

Estrategia Regional de Desarrollo (ERD 2020)³: Carta de navegación de la Región de Coquimbo, la cual tiene como visión contar con una región socialmente inclusiva y cohesionada y con una elevada calidad de vida. Para conseguirlo la Estrategia plantea 6 ejes, estos son:

- Promover un crecimiento equilibrado del sistema urbano regional con calidad de vida e integración social, cuyo objetivo es favorecer un desarrollo armónico y equitativo de las ciudades de la región.
- Un espacio rural con mayores oportunidades para sus habitantes, el cual tiene por objetivos mejorar las condiciones en el espacio rural del seco y apoyar el desarrollo de los polos secundarios en el espacio rural bajo riego y en los territorios estratégicos del territorio rural.
- Una zona costera más equilibrada y armónica, mejorando la integración de la zona costera como factor de desarrollo regional.
- Una sociedad regional más inclusiva, a través del mejoramiento de la calidad de la educación, reducción de las brechas sociales en los grupos vulnerables e incorporar de manera efectiva a la mujer a los distintos ámbitos del desarrollo.
- Una economía que sea compatible con la preservación de la base de recursos naturales y la calidad de vida con sello regional, lo cual se

2 Referencia página web: <http://www.dga.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=198>

3 Referencia página web: <http://www.gorecoquimbo.gob.cl/pgobierno/erd/documentos/erd2020.pdf>

consigue por medio de una serie de objetivos, aumento de la sustentabilidad y sostenibilidad de la base de recursos naturales (renovables y no renovables), optimizar los impactos de los factores económicos externos, potenciar el desarrollo endógeno y la economía residencial, mantener y reforzar la calidad de vida con sello regional, y finalmente, crear condiciones para la investigación y el desarrollo tecnológico.

- Una mayor cohesión social basada en una mayor identidad regional reconocida y en el buen gobierno, con relaciones interregionales e internacionales activas, a través del desarrollo de formas de gestión y administración socialmente inclusivas, reforzar la construcción de una identidad regional, valorar los productos locales y potenciar las relaciones interregionales e internacionales.

Considerando los alcances del proyecto, este se relaciona con el tercer eje estratégico por cuanto este promueve la sustentabilidad en una reserva natural como es Pingüino de Humboldt (Isla Damas), además de contribuir, a partir de esta solución tecnológica, la puesta en valor de un espacio natural turístico y de rica biodiversidad, respetando las condiciones del medio natural que lo acoge. Además, se vincula con el 5º eje estratégico, ya que el proyecto promueve la diversificación de las fuentes de energía y de uso eficiente del agua, como también fortalece el turismo toda vez que permite mejorar las actuales condiciones presentes en el lugar.

Plan Regional de Gobierno (2010 - 2014)⁴: Instrumento de planificación en el cual se desarrollan los énfasis y apuestas del actual gobierno. El cual se estructura a partir de 7 ejes estratégicos, estos son:

- Desarrollo productivo, en el cual se busca incentivar la inversión e innovación y desarrollo tecnológico, fomentar la generación de energías limpias y el uso eficiente de ellas, además de desarrollar la conectividad regional y la integración con el Asia Pacífico, aumentar la eficiencia del recurso hídrico, incentivar el turismo, y finalmente, desarrollar una minería sustentable.
- Empleo, a través de aumentar la participación en el mercado laboral, facilitar el acceso de regularización de soluciones habitacionales y aumentar la cobertura de servicios básicos.
- Salud y Deporte, se relaciona con el mejoramiento de prevención de enfermedades en la región, reducción de listas de espera, mejoramiento de infraestructura y equipamiento de salud y fomento de la actividad física.
- Educación, cuyos objetivos son, mejorar la infraestructura y equipamiento educacional, mejorar la calidad de la educación, y mejorar la convivencia y el clima escolar.
- Seguridad ciudadana, por medio de reducir la victimización y aumento de la

4 Referencia página web: <http://www.gorecoquimbo.gob.cl/>

cobertura de atención a víctimas de delitos.

- Calidad de vida, se cuentan medidas para modernizar el sistema público de transportes, mejorar la vialidad urbana de la región, mejorar los espacios públicos, reducir la vulnerabilidad de sus habitantes frente a desastres.
- Por lo tanto, la vinculación que posee la presente iniciativa con el instrumento de planificación, se relaciona con el eje productivo por cuanto busca potenciar la investigación e innovación en la región, además de impulsar la utilización de energías limpias, como también contribuye al uso eficiente de agua potable. Beneficia además a la actividad turística ya que entrega un servicio que hoy no existe en el lugar.

Estrategia Regional de Innovación (ERI 2012 – 2016)⁵: Instrumento de fomento diseñado poniendo como centro de atención a las empresas, cuyo objetivo principal es desarrollar la economía del conocimiento para la generación de prosperidad sostenible y la calidad de vida de la región de Coquimbo.

En este sentido y como una forma de articular su desarrollo, la ERI se estructura en 3 ejes estratégicos, estos son:

- Territorio: Articular territorialmente redes de agentes y empresas para el desarrollo y aplicación de la I+D+I. Esto se consigue con un desarrollo y acercamiento al territorio de una oferta adecuada a las necesidades de las empresas.
- Economía: Promover una economía de desarrollo sustentable basada en conocimiento. Para lo cual se pretende fortalecer y diversificar la estructura económica de la región.
- Empresa: Promover una sociedad creativa, innovadora y competitiva. En este sentido se espera desarrollar la capacidad de innovación del tejido empresarial.

El proyecto se relaciona directamente con la ERI por cuanto se enfoca en agregar valor a un territorio protegido como es la Isla Damas (Reserva Nacional Pingüino de Humboldt), para desarrollar en el mismo una iniciativa innovadora marcada por la aplicación de energías renovables no convencionales, además de poner a disposición del público, agua potable por medio de técnicas de desalación que contribuyen al desarrollo sustentable de actividades económicas como es el turismo. En este sentido, la iniciativa busca convertirse en un referente para otros territorios en donde existan las mismas características a modo de replicar esta experiencia promoviendo así el uso de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente.

5 Referencia página web: <http://www.gorecoquimbo.gob.cl/>

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Instituciones participantes

Cabe señalar, que en forma previa a la adjudicación del proyecto, CAZALAC venía llevando a cabo acciones de coordinación con CONAF y la Empresa en ese entonces denominada VMW (Vlammse Maatschappij voor Watervoorziening), actualmente De Watergroep, a fin de establecer los lineamientos y los roles de cada institución en una iniciativa conducente al aprovisionamiento de agua potable en Isla Damas con un suministro de energía renovable y autosustentable.

Así, posteriormente y gracias a la aprobación de los fondos por parte del Gobierno Regional de Coquimbo se completó el cuadro de instituciones participantes:

Cuadro N°1. Instituciones Participantes, Aportes y Roles en el Proyecto.

INSTITUCIÓN	ROLES / COMPROMISOS	APORTES
Gobierno Regional de Coquimbo	de Financiamiento	Aportes financieros fondos FIC-R.
De Watergroep	Cofinanciamiento	Aporte financiero compra equipo desalador, pasajes y viáticos profesionales De Watergroep. Aportes no monetarios, horas profesionales proceso de capacitación.
CAZALAC	Institución Ejecutora	Aportes monetarios, no monetarios, horas profesionales e infraestructura
CONAF	Institución Colaboradora. Institución receptora final de la inversión, que se hará cargo de la operación y mantención del sistema.	Aportes no monetarios, horas profesionales e infraestructura

Diagrama de flujo actividades

En el anexo N°13-C - Diagrama de flujo de procedimientos en el desarrollo del proyecto, se muestra de manera esquemática las acciones y procedimientos desarrolladas durante la implementación de la iniciativa, las que constituyen un punto de partida para la planificación de otras iniciativas de similares características en la región.

El inicio de la iniciativa incluyó una serie de actividades conducentes a la obtención de los permisos sectoriales pertinentes, el dimensionamiento y diseño de las obras que den solución al problema de abastecimiento de agua planteado, la concreción de las obras en terreno, dimensionamiento y establecimiento del sistema de energía y de desalación, capacitaciones al personal operador, y tareas de difusión de los resultados del proyecto.

En virtud de lo anterior, a continuación se detalla una descripción de las actividades realizadas desde las fases de consulta y pronunciamiento de los organismos ambientales correspondientes, hasta la puesta en marcha del sistema de desalación y producción de agua potable.

Difusión de la iniciativa y consulta a la comunidad

En esta línea, apenas adjudicado el proyecto, se participó en reuniones con el Comité Consultivo de Punta de Choros, a quienes se les informó acerca de este, quienes mostraron gran interés en el buen logro de la iniciativa.

Análisis de pertinencia ambiental del proyecto

En conjunto con CONAF (Administradora de la Unidad), se llevó a cabo la consulta sobre la pertinencia ambiental del proyecto. Esta consulta consistió en la elaboración y entrega de los antecedentes respectivos del proyecto y la obra que se pretendía llevar a cabo, solicitando, en cuanto a esta, el pronunciamiento del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) sobre si, en base a los antecedentes proporcionados, el proyecto debía o no someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)⁶(ver documentos en capítulo anexos).

Entre otros, la consulta incorporó antecedentes sobre descripción del proyecto, referencias de la planta, lugar de emplazamiento, superficie involucrada en las obras, cantidad de agua potable a producir, generación y restitución de salmueras

6

Solicitud realizada por CONAF al SEA, a través de Ord. N° 33, 9.11.2011

al mar⁷, ruidos y contaminación visual⁸, entre otros.

Así, con fecha 10 de noviembre de 2011 se hizo ingreso del documento original (número de ingreso 3283), para posteriormente con fecha 15 de diciembre de 2011 (número de ingreso 3550), hacer entrega de antecedentes adicionales requeridos por el SEA, en cuanto a detalles propios de la duración de las actividades de construcción de la planta en la Isla Damas.

Como resultado de esta gestión, se obtuvo el pronunciamiento del SEA sobre la pertinencia ambiental del proyecto⁹, pronunciamiento el cual establece que no existe la necesidad de ingreso del proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, debido fundamentalmente a que la magnitud y duración de las obras de instalación de la planta de osmosis inversa no se consideraron significativas, toda vez que vienen a complementar el servicio turístico de la isla.

Así, y siguiendo el dictamen del SEA, se procedió con la ejecución de las restantes actividades del proyecto, no sin antes realizar una revisión de los permisos sectoriales a obtener en las próximas etapas.

Solicitud de permisos ante la autoridad marítima

Si bien el proyecto se emplazó en la reserva terrestre Pingüino de Humboldt, administrada por CONAF, existe alrededor de esta, en un radio de una milla náutica, un área de influencia determinada por la Reserva Marina Islas Choros-Damas establecida en junio de 2005.

En virtud de esto, se llevaron a cabo las gestiones pertinentes con el fin de obtener el pronunciamiento de la Gobernación Marítima, respecto al otorgamiento de un permiso que permitiera la instalación de las obras de captación de agua de mar y posterior entrega de agua de rechazo en la zona intermareal que separa a la Reserva Marina de la Reserva Terrestre (Ver Documentación presentada en Anexos).

Cabe señalar que, la normativa vigente establece que cualquier persona, empresa, organización o servicio público que desee desarrollar un proyecto en terrenos de playa, playas, rocas, porciones de agua, fondo de mar dentro y fuera de las bahías, debe contar previamente con una autorización otorgada por el Ministerio de Defensa Nacional por medio de la Subsecretaría para las Fuerzas

7 El único residuo que generará el proyecto, es salmuera con una salinidad del orden de los 44.160,98 mg/l, lo que en comparación con la salinidad determinada según análisis efectuado a agua de mar de la zona, la que es de 35.378,73 mg/l., representa un 29% más de la concentración normal del agua de mar que existe actualmente en la zona. Por lo tanto no se considera contaminante.

8 El sistema es silencioso y su instalación se realizó en un lugar que no afecta visualmente el entorno a la llegada de los visitantes. Tanto el sistema de tuberías como el punto de captación se encuentran debidamente protegidos y no son visibles por los visitantes.

9 Pronunciamiento emitido por el SEA a través de Ord. Nº 229, 19.12.2011.

Armadas, y que se denomina “Concesión Marítima”¹⁰.

Según establece el reglamento de concesiones marítimas¹¹ en su artículo 5º, “*el Ministerio podrá otorgar el uso particular de los bienes nacionales de uso público o bienes fiscales, a aquellas concesiones marítimas de escasa importancia y de carácter transitorio y cuyo plazo no exceda de un año*”.

De este modo se optó por la vía de este permiso transitorio (de escasa importancia), y así comenzar con los trabajos en el lugar de emplazamiento de la toma de agua de mar para la planta, cumpliendo en definitiva con las autorizaciones previstas por la autoridad marítima.

Al cierre del presente proyecto, CONAF ya ha iniciado el trámite de solicitud de concesión marítima, a modo de prolongar en el tiempo el uso del punto solicitado, a través de la consecución del otorgamiento de una “destinación” que constituya una autorización de plazo indefinido y que permita mantener operativas y en regla las obras de captación de agua de mar.

Reconocimiento en terreno

Estas acciones contemplaron visitas por parte del equipo gestor (CAZALAC), así como también personal de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), y representante(s) de la(s) firma(s) que comercializa(n) los equipos de fotovoltaicos que cumplieran con las características requeridas por el proyecto y empresas de construcción y emplazamiento de obras.

El objetivo de esta actividad fue identificar de común acuerdo entre los actores involucrados los lugares óptimos de emplazamiento de la caseta que contiene los equipos fotovoltaicos y de osmosis inversa, así como los estanques, la puntera de succión de agua de mar y tubería de descarga de salmueras al mar.

Actividades de reconocimiento en terreno con la finalidad de apoyar decisiones en la implementación de las obras, se desarrollaron posteriormente y con diversas finalidades, entre otras destacan:

12 de Julio de 2012: objetivo de definir la ubicación del punto de captación de agua de mar.

4 de septiembre de 2012: Visita con personal de CAZALAC, CONAF y el Gobierno Regional de Coquimbo, a fin de identificar los avances realizados en las obras de

10 El Ministerio de Defensa Nacional es el organismo que tiene la facultad privativa de permitir el uso y goce de sectores de terreno de playa fiscales (80 metros medidos desde la línea de más alta marea); playa (comprendida entre la línea de baja y de alta marea); fondo de mar y porciones de agua.

11 D.S. Nº 002, 03.01.2005, del Ministerio de Defensa. Reglamento sobre Concesiones Marítimas (fijado por D.S. (M) Nº 660 de 1988).

construcción de la caseta, entre otras.

6 de diciembre de 2012: se realizó visita, en la cual se modificó la ubicación del punto de succión, debido a presentar problemas de capacidad de agua al momento en que el mar se encuentra con marea baja. Se selecciona un sector aledaño, dejando el punto anterior para deposición de las aguas de rechazo de la planta.

27 de diciembre de 2012: Visita a terreno verificando las obras en punto de succión (puntera), caseta, entre otras.

Evaluación y Dimensionamiento de Alternativas Tecnológicas

En coordinación con CONAF se llevó a cabo la selección del sistema de osmosis inversa a adquirir, el cual debía cumplir con una serie de prestaciones, tales como:

- Demanda de uso. Considerando una demanda máxima dada por el número de visitantes por día en la isla de 600 personas, durante la temporada de verano.
- Demandas de energía. Requisitos de bajo consumo dado que el sistema a implementar presenta un uso estacional (con una mayor demanda en verano y menor en el resto del año), y con un funcionamiento de 10 horas diarias, además de que la eficiencia en el uso de la energía es un factor fundamental en una zona sin otras fuentes más que la provisión mediante energía fotovoltaica.
- Capacidades de producción de agua, según las alternativas que se encuentren en el mercado de plantas desaladoras, esta debía tener una capacidad mínima de producción de 1.000 lts./día, suficiente para satisfacer la demanda de visitantes, que alcanza los 600 personas al día durante el verano. Esto nos da un promedio de 1,6 lts. Por usuario al día para el consumo de agua potable con un uso exclusivo en agua para la bebida.
- Costos de mantenimiento futuro bajos, considerando intensidad de uso (mayor en verano), tipo de servicio (gratuito) y emplazamiento del proyecto (isla).

Se evaluaron 3 alternativas, las cuales se resumen en el siguiente cuadro comparativo:

Cuadro N°2. Cuadro Comparativo Sistema de Osmosis Inversa y/o Provisión de Agua Potable en Isla Damas.

Solución	Equipo WaterMakers SC 600	Equipo AW500M	Equipo HidroQuality
Tecnología	Desalinización de agua de mar 1 m3/dia	Condensación de la humedad atmosférica 0,5 m3/dia	Desalinización de agua de mar 3-5 m3/dia
VAN (9%)	-74.456.005	-211.598.286	-120.672.650
Producción máxima estimada anual (m3)	3200	1600	6000
Requerimiento energía	1,1-2,2 kW	7 kW	3,5 kW
Costo \$/m3	23.268	132.249	20.112
Costo US\$/m3	42,3	240,5	36,6

De acuerdo a la evaluación efectuada de las tres alternativas presentadas en el cuadro anterior, se tomó la decisión de seleccionar el sistema N°2, equipo comercializado por la empresa Vigaflow, dado que representaba menores requerimientos de energía (1,1-2,2 kw), incluyendo además asesoría técnica y capacitación al personal a cargo, un menor costo total, y con una capacidad de producción que se ajusta a lo requerido por el proyecto.

Posteriormente, en función de los requerimientos de energía del equipo de osmosis inversa seleccionado, se procedió a llevar a cabo el cálculo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico (células fotovoltaicas, acumuladores y demás componentes del sistema). Para ello se consideraron los principales factores de localización, potencia requerida y rendimiento esperado de la planta, a saber:

- Ubicación geográfica de la planta: Latitud: -29.2306 y Longitud: -71.5250.
- Requerimientos de operación en periodos de baja demanda: sistema de osmosis inversa por 4-6 horas de operación. Potencia de 1,1 KW. (220 v).
- Requerimientos de operación en periodos de alta demanda: sistema de osmosis inversa por 7-10 horas de operación. Potencia de 1,1 KW. (220 v).

Por su parte, para iniciar la construcción de las instalaciones que albergan los equipos que componen la planta y otras estructuras anexas (caseta, puntera, tuberías de conducción y dispensador agua potable) se contrataron los servicios de la empresa constructora SGCC Ingeniería S.P.A, la cual estuvo a cargo de todas las etapas de la obra.

Paralelamente a la contratación de la empresa constructora, se dio inicio al proceso de compra e instalación del sistema fotovoltaico, incluyendo servicios de mantenimiento al cabo de un año por parte de la empresa Solarvento.

Asimismo, y dada la evaluación inicial, se llevó a cabo el proceso de compra del equipo de osmosis inversa, incluyendo además dispositivos de pretratamiento del agua salada (cloración), dispositivos para el abatimiento de cloruros previo a la osmosis inversa, dispositivos de cloración del agua desalinizada según Norma Chile de Agua Potable, además de servicios de asesoría en su puesta en marcha, y principales insumos requeridos para su correcta operación, por un periodo de tres años.

Diseño de Obras

Una vez evaluados los sistemas a implementar, se llevó a cabo la elaboración de los planos y especificaciones técnicas (ver planos en capítulo Anexos), que involucra el emplazamiento de cada uno de los principales componentes del sistema, a saber, caseta, paneles fotovoltaicos, puntera de captación de agua de mar, tuberías de conducción, dispensador de agua potable para visitantes, etc.

i.- Caseta: Espacio cerrado destinado a contener los equipos fotovoltaicos (Regulador de carga, sistemas de acumulación de energía, e inversor), y equipos de osmosis inversa. El diseño se hizo en base a los requerimientos de espacio identificados, según las demandas para cada equipo, y en base a las especificaciones de CONAF para diseño de obras en la reserva, las cuales presentan un estilo arquitectónico definido.

ii.- Sistema fotovoltaico: Consistió en el diseño del emplazamiento de los paneles fotovoltaicos, los cuales se localizaron a un costado de la caseta, en un sector apto por su topografía y por sus condiciones para recibir la insolación necesaria, además de presentar condiciones de resguardo y bajo impacto visual en el entorno. Se consideró para ello 10 mts. lineales de terreno, el cual se encuentra fuera de la vista de los visitantes y en una zona de acceso restringido. El equipamiento fotovoltaico se dimensionó considerando un consumo de 1.100 Watt por 10 hrs. de promedio diario y un coeficiente de seguridad de tres días nublados.

iii.- Puntera: Su diseño contempló el emplazamiento de la puntera de captación de agua de mar, en un lugar protegido localizado en un sector de roqueríos en la zona intermareal; además se diseñó el trazado de la tubería de conducción de agua de mar hasta la caseta.

iv.- Tuberías de conducción: El diseño estableció el trazado de la tubería que conduce las salmueras generadas en un sitio óptimo que signifique un mínimo impacto, y una rápida disolución de los cloruros.

v.- Dispensador de agua potable: Para el diseño del dispensador de agua se planteó una solución práctica y cómoda para los consumidores, a través de dos llaves convencionales localizadas en una zona cercana al muelle de acceso, donde se aprovecharon y mejoraron las condiciones de un refugio bajo techo utilizado por visitantes y guardaparques una vez se efectúa el desembarco en la isla.

Con el fin de disminuir al mínimo posible las acciones y actividades en la isla, se procuró señalar tanto en el diseño como en la construcción de la caseta, especificaciones, materiales y procedimientos que puedan, en parte, llevarse a cabo en el continente. Ejemplo de esto, son los soportes y cimientos de la caseta, los cuales pudieron prepararse en la localidad de Punta de Choros, y sólo una vez estuvieron listos, pudieron ser trasladados a su emplazamiento definitivo en la isla. Del mismo modo, se efectuó un tratamiento similar para todos aquellos componentes que pudieron ensamblarse y/o ser prefabricados en el continente.

Instalación de faenas

De acuerdo a las especificaciones e instrucciones proporcionadas por CONAF, en beneficio de un mínimo impacto ambiental en la isla, se estableció un perímetro destinado al almacenamiento de los materiales de construcción y a la construcción de obras propiamente tal.

Es importante señalar que toda el área intervenida se encuentra normada por el Plan de Manejo de la Reserva Pingüino de Humboldt (PMRPH)¹², específicamente donde se desarrollan las actividades de construcción, las cuales se encuentran en la zona denominada de Uso Público, para el desarrollo de actividades extensivas e intensivas.

Esta zona de uso intensivo tiene una superficie de aproximadamente 8 há. (Isla Damas) y permite el emplazamiento de las instalaciones de apoyo de bajo impacto, propios de la gestión de la área silvestre protegida (ASV), pero tomando el resguardo de no modificar el entono, manteniendo este en su condición natural.

12 Plan de Manejo de la Reserva Pingüino de Humboldt. Corporación Nacional Forestal. Coquimbo. 2007.

Construcción de Caseta

Se llevó a cabo la compra de materiales e insumos, traslado de materiales a la isla, y finalmente la construcción de la caseta, con el propósito de instalar los diferentes equipos que forman parte del sistema de osmosis inversa (ver planos en capítulo anexos).

La caseta construida cuenta con un área de 21 m², con radier, tabiquería en metalcom, techo interior de vulcanita, puerta de acceso, dos ventanas, además de rejillas de ventilación, con una cubierta de teja asfáltica coronando la estructura de la techumbre. Para la pintura exterior se buscó una tonalidad en la gama del gris, similar al color predominante de los roqueríos de la zona, a fin de provocar un mínimo impacto visual en el entorno.

Además se construyó un radier, en el exterior de la caseta sobre el cual se instalaron dos estanques de acumulación de agua (2.400 lts c/u), uno para el almacenamiento y pretratamiento del agua salada que alimenta el proceso de desalación y otro destinado al almacenamiento y posterior distribución del agua potable producida.

Instalación de obras de captación de agua de mar

Estas obras consistieron en la instalación de una estructura destinada a la protección de la bomba de succión de agua de mar¹³, la cual se adecuó en un sector de roqueríos, adyacente a la zona de uso intensivo de CONAF. Las tareas realizadas implicaron la construcción de una estructura de gaviones, y el emplazamiento y protección de la bomba solar que bombea agua salada hacia el estanque de almacenamiento el que a su vez alimenta la planta.

Emplazamiento de tuberías de conducción de salmueras

Esta actividad consistió en la implementación en terreno de las obras de

13 Para llevar a cabo esta actividad es imprescindible, obtener los permisos necesarios con la Gobernación Marítima para hacer uso de sector roquerío, localizado entre la baja y alta marea, el cual se realiza a través del Sistema de Concesiones Marítimas de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa Nacional. Página web: <http://www.concesionesmaritimas.cl/>.

conducción de aguas de rechazo que resultan del proceso de desalación de agua de mar (salmuera), que se realiza en la planta de osmosis inversa.

En esta etapa se estimó que el flujo de descarga corresponde como máximo de 0,23 litros por segundo (en algunos días punta y que sólo se darían durante dos meses al año), mientras que el resto del tiempo la planta operaría en márgenes cercanos a su mínimo, con generaciones de residuos del orden de los 0,12 a 0,13 litros por segundo, y en otras ocasiones (temporada invernal) entrará en receso, sin operar y sin generar por tanto agua potable y aguas de rechazo.

La construcción de esta sección involucró la provisión e instalación de una tubería de 50 mm. para la evacuación de agua desde la caseta al sector de roqueríos, a una distancia aproximada de 40 metros.

Instalación de planta de osmosis inversa

Posteriormente se procedió a la instalación del equipo desalinizador ubicado en el interior de caseta con todos sus sistemas operativos, sistemas de pretratamiento de agua salada, abatimiento de cloruros, filtros, las conexiones eléctricas, además de la entrada de caudal alimentador y salida de desagüe del sistema (ver diagrama y planos en capítulo Anexos).

El equipo desalador y los dispositivos periféricos anexos, se instaló sobre un rack metálico dimensionado para las características y necesidades del sistema de desalación (según se muestra en el anexo fotográfico).

Instalación de paneles fotovoltaicos

Las obras de emplazamiento del sistema fotovoltaico se realizaron de acuerdo al diseño desarrollado en las fases previas (Paneles a un costado de la caseta, sistema de acumuladores, y transformadores en el interior de ésta). Los componentes del sistema fotovoltaico adquirido e instalado fueron los siguientes:

- Panel solar SUN 200 Wp, 10 unidades, con una potencia peak de 200 W.
- Regulador de carga de 45 A. 2 unidades.
- Baterías 100 A. 84 unidades
- Inversor Sinusoidal 1200 W. 1 unidad.
- Atriles Paneles. 10 unidades.
- Materiales eléctricos. 10 unidades.

La instalación contempló además un proceso de pruebas de los equipos de generación y acumulación. Pruebas que no mostraron anomalías en el funcionamiento del sistema, y que permitieron comenzar con el uso regular del sistema.

Asimismo, con el fin de servir de enlace entre el sistema de generación de energía y además controlar el funcionamiento del equipo desalador y los demás equipos periféricos, se diseñó e instaló un panel de control.

Pruebas y Funcionamiento

Las pruebas consistieron en la operación conjunta de la totalidad de los equipos instalados que componen el sistema de desalación, a modo de observar su funcionamiento y producción de agua potable.

Este procedimiento se llevó a cabo por un periodo de 4 semanas, obteniendo resultados satisfactorios, toda vez que se pudo apreciar el funcionamiento correcto de todos los dispositivos del sistema.

Asimismo, es destacable mencionar que en el apartado de resultados se muestra un primer ejercicio de seguimiento y análisis sobre cada uno de los principales parámetros del sistema, y un ejercicio de evaluación del desempeño desde el punto de vista físico y energético.

Obtención de autorizaciones sanitarias

A fin de velar el cumplimiento de la norma que establece el carácter de potable del agua producto generada, se requiere el control y la autorización por parte de la autoridad sanitaria, la cual tiene por tarea certificar que el agua potable y las instalaciones construidas para su tratamiento cumplan con la Norma Chilena de Agua Potable.

El procedimiento de obtención de permisos se realizó ante el Departamento de Acción Sanitaria de la SEREMIA de Salud de la Región de Coquimbo, cumpliendo con los requisitos y antecedentes que deben ser presentados, dentro de los cuales se encuentran:

1. Antecedentes del proyectista e institución que presenta la iniciativa.
2. Documento que acredite de derechos de agua, en caso de actividad

económica para aguas superficiales y subterráneas (para este caso el permiso otorgado por la autoridad marítima para la instalación de punto de extracción).

3. Protocolo de análisis físico-químico de la fuente de captación, en caso de disponer análisis de un laboratorio particular, éste se considerará sólo como referencia, ya que para la etapa de puesta en servicio del sistema, el análisis debe ser realizado por el laboratorio de la Autoridad Sanitaria.
4. Memoria técnica del sistema.
5. Planos del sistema.

Una vez ingresados los antecedentes al Departamento de Acción Sanitaria, se coordinó y llevó a cabo una visita de inspección del sistema y toma de muestra en el punto de distribución de agua a los visitantes .

En este primer análisis, el perfil físico químico llevado a cabo por el Laboratorio de Salud Pública Ambiental de la SEREMI de Salud de la Región de Coquimbo, detectó una sola anomalía en la concentración de Plomo (Pb). Razón por la cual, la Resolución Sanitaria correspondiente para la Norma Chilena de Agua Potable (Nch 409). (Ver resultados del análisis en capítulo Anexos).

Posteriormente, un segundo análisis, llevado a cabo por el Laboratorio de Salud Pública Ambiental de la SEREMI de Salud de la Región de Coquimbo, el cual consistió en un perfil físico químico además de análisis bacteriológico, no detectó anomalías de ninguna especie con respecto a lo especificado por la Norma Chilena de Agua Potable (Nch 409). (Ver resultados de este segundo análisis en capítulo Anexos).

Al cierre del presente informe, se encuentran pendientes los resultados de un segundo análisis de confirmación de los resultados anteriores, para posteriormente, dar el otorgamiento definitivo de la Resolución Sanitaria al sistema de Agua Potable.

Actividades de Capacitación

Asistencia Seminario IV Congreso Nacional de Recursos Hídricos APR-Chile. Los días 25 y 26 de mayo de 2012, un profesional de CAZALAC asistió al IV Congreso Nacional de Recursos Hídricos, que en esta oportunidad trató los temas de: Cambio climático y el directo efecto sobre el agua; Glaciología, glaciares en Chile, ¿Recursos protegidos?; Hidrogeología y conceptos fundamentales; Recarga artificial de acuíferos y acumulación de agua lluvia; Situación del tratamiento de aguas servidas en Chile; Tecnología desarrollada por la NASA, hoy es ocupada

para potabilizar agua; Energías renovables y eficiencia energética en Chile; Alta tecnología en filtración primaria de captaciones de agua; Tecnología para la desalación de agua; Como combatir la sequía en Chile: tecnología para sellar embalses y otros.

Posteriormente y de manera formal, se llevaron a cabo dos actividades de capacitación, las cuales estuvieron dirigidas al personal de guardaparques de CONAF, enfatizando en la operación y principales acciones de mantención de los equipos instalados:

1. Capacitación empresa donante De Watergroep

Proceso de capacitación llevado a cabo por la empresa donante De Watergroep (miércoles 20 de marzo de 2013). La capacitación acerca del funcionamiento de la planta desaladora consideró contenidos referentes a la puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua, su funcionamiento y mantenimiento (Ver contenidos y listado de asistentes en documentos Anexos 27-A y 27-B).

2. Capacitación empresa VIGAFLOW

Segunda actividad de capacitación llevada a cabo por la firma comercializadora de la planta desaladora Vigaflow (16 de abril de 2013). Principales contenidos: Conceptos sobre osmosis inversa, Puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua, Funcionamiento y Tareas de Mantenimiento (Ver contenidos y listado de asistentes en documentos Anexos 28-A y 28-B).

3. Material complementario

Con el material recibido se desarrolló un listado de acciones que deben chequearse en la operación de la planta complementando el manual de operación con las instrucciones necesarias para el correcto manejo y mantención de los equipos. Asimismo se elaboró una hoja o planilla de registro que debe completarse cada vez que la planta opere (Ver anexos N°21, 22-A, 22-B, 22-C y 22_D).

Entre los principales aspectos que este material aborda está:

Listado de verificación antes del encendido de la planta

- Puntera
- Estanques
- Interior caseta
- Sistema fotovoltaico

Listado de verificación encendido planta

- Encendido equipo desalador.
- Ajuste la válvula de alta presión.
- Operación bomba solar de agua de mar.

Listado de verificaciónapagado planta

- Interior caseta
 - Apagado desaladora
 - Sistema fotovoltaico
- Exterior caseta
 - Conexiones y tuberías

Hoja de registros y eventos

- Identificación operador:
- Parámetros de inicio operación.
- Parámetros de operación.
- Eventos / observaciones

Actividades de Difusión del proyecto

Esta etapa tuvo por objetivo llevar a cabo una campaña de difusión del proyecto, con énfasis en la innovación tecnológica que supone para el país su aplicación, en especial en lo que respecta a la solución alcanzada tomando en consideración las condiciones de acceso a las energías convencionales y a fuentes agua potable en la zona, todo esto de manera amigable con los ecosistemas presentes.

La campaña, de carácter semipermanente, que se inicia al término del proyecto y que se prolonga en forma posterior a este, está centrada en mostrar cada uno de los diferentes aspectos de la tecnología utilizada, tanto en la generación de energía fotovoltaica como en la desalación de agua de mar a pequeña escala, experiencia posible de replicar en otras zonas del país, bajo condiciones similares.

Las actividades realizadas implicaron la elaboración y ejecución de una serie de productos de difusión, entre los cuales están:

Folletería: Se elaboró la edición e impresión de folletos (trípticos), con fines divulgativos de la experiencia de diseño, emplazamiento y funcionamiento de la planta, con un tiraje de 500 ejemplares, los que fueron distribuidos entre organismos públicos pertinentes, instituciones de educación e instituciones ligadas al turismo en la región y el país.

Documento técnico: Se elaboró un documento técnico bajo el formato UNESCO-PHI/LAC, que resume la experiencia desarrollada en el proyecto, desde el planteamiento del problema hasta la solución alcanzada de provisión de agua potable en la isla.

Posters alusivos / letreros: En coordinación con CONAF, se elaboraron posters alusivos al diseño y funcionamiento del sistema, los que se dispusieron en un área apropiada. Al mismo tiempo se elaboró un letrero que señala el nombre, las fuentes de financiamiento y las instituciones involucradas en el proyecto.

Maqueta: Se elaboró una maqueta de la zona de Isla Damas donde se encuentra emplazado el sistema: se muestran los distintos componentes de la planta destinada a la producción de agua potable. Esta maqueta se instaló en el Centro de Visitantes de CONAF ubicado en Punta de Choros, junto a una lámina del esquema hidráulico del sistema, que complementa la información proporcionada a los visitantes.

Inauguración: Se llevó a cabo una ceremonia de clausura del proyecto en el Centro de Visitantes de CONAF, en Punta de Choros. En esta instancia participaron autoridades locales, comunales y regionales, además de representantes de la comunidad. Durante la actividad se procedió además al cruce hacia la isla de isla damas dónde se realizó el corte de cinta en la zona del dispensador de agua para los visitantes en el área contigua al embarcadero de la isla, y se realizó una posterior visita por parte de las autoridades a las instalaciones de la planta.

Insertos en medio de difusión (Véase Anexos: 31-A, 31-B y 31-C)

- Noticia en sitio web Diario el Dia:
<http://diarioeldia.cl/articulo/economia/inauguran-planta-desalinizadora-agua-mar>
- Noticia en sitio web Consejo Regional de Coquimbo:
http://www.corecoquimbo.cl/paginas/noticias_vista.php?id_not=1206
- Noticia en sitio web 24horas red Coquimbo:
<http://www.24horas.cl/regiones/coquimbo/los-chorosagua-para-consumo-humano-en-isla-damas--1059276>
- Noticia en sitio web El Observatodo:
<http://www.elobservatodo.cl/noticia/tecnologia/inauguran-planta-desaladora-que-utiliza-energia-fotovoltaica-para-la-produccion-d>
- Noticia en sitio Web de CAZALAC:

[http://www.cazalac.org/index.php?id=36&L=0%20onfocus%3DblurLink%28this%29%3B&tx_ttnews\[tt_news\]=50&cHash=2014819a76171fa643f564511f3f0cba](http://www.cazalac.org/index.php?id=36&L=0%20onfocus%3DblurLink%28this%29%3B&tx_ttnews[tt_news]=50&cHash=2014819a76171fa643f564511f3f0cba)

- Principales contenidos web del proyecto en sitio web de CAZALAC:
<http://www.cazalac.org/index.php?id=89&L=1>

Visitas guiadas: Adicionalmente más allá de la finalización del presente proyecto, se llevarán a cabo periódicamente visitas guiadas por el personal de guarda parques de CONAF a las dependencias del sistema, por parte de delegaciones interesadas en el funcionamiento de éste. Entre las delegaciones que se espera recibir se encuentran las escuelas de la Región, potenciales organizaciones de usuarios de un sistema de este tipo, delegaciones nacionales, etc. Se espera además que ésta actividad sea de carácter permanente, extendiéndose más allá de la duración del proyecto.

Traspaso del sistema a la Corporación Nacional Forestal

Esta etapa contempla la entrega del proyecto a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de la Región de Coquimbo, la cual considera el traspaso desde el Centro del Agua CAZALAC de todo el equipamiento instalado en la Isla Damas. Actividad en proceso.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESALACIÓN

El detalle del proceso que se lleva a cabo en la planta desalinizadora del proyecto de Isla Damas, se describe a continuación:

Captación del agua marina

La obtención del agua marina se realiza a través de una toma superficial, por medio de una bomba solar sumergida dispuesta a 80 cm de profundidad en un sector protegido y acondicionado mediante gaviones, ubicado en la zona intermareal (área bajo la línea de alta marea y sobre la línea de baja marea) contigua al área de uso intensivo de CONAF, y autorizada por la autoridad marítima para tal fin.

Nota: Si las condiciones lo permiten, la opción más recomendable para la captación de agua, es mediante un pozo y una puntera situada en el sustrato arenoso, en la zona de playa. En estas condiciones el sustrato constituye una primera barrera a la entrada de sedimentos y otros elementos particulados al agua captada. Sin embargo, dadas las condicionantes del área en la que se implementó el proyecto (Reserva Terrestre y Reserva Marina), además de un sustrato en la zona de la isla compuesto fundamentalmente por roca, esta opción no fue posible de implementar.

El punto escogido ofrece estabilidad en el nivel de las mareas así como una disminución en la turbulencia de las aguas.

A partir de este punto, las tuberías conducen el agua, impulsadas por la bomba, hasta el estanque de almacenamiento de agua marina que a su vez alimenta la planta desalinizadora.

Pretratamiento

Previo al tratamiento efectuado en el proceso de osmosis inversa y bajo las condiciones de trabajo específicas para el presente proyecto, se optó por adicionar una serie de procesos de tratamiento previo del agua salada en el que se incluyó la protección de la bomba sumergida en el punto de captación de agua salada, mediante tubería que cuenta con perforaciones, permitiendo el paso del agua a través de ella, con un diámetro suficiente para cubrir totalmente la bomba, y el recubrimiento del conjunto por una manta geotextil permeable, destinada a evitar o aminorar el ingreso de materia orgánica, finos o partículas sólidas al ducto de conducción y al estanque de almacenamiento de agua salada.

Después de esto, el agua obtenida se conduce a un estanque de almacenamiento

de agua salada, proceso en el cual se realiza la aplicación de hipoclorito de sodio mediante un dosificador automático, a fin de eliminar así la carga biológica presente en el agua.

Posteriormente, el agua de alimentación almacenada en el estanque de agua salada, ingresa a la caseta con una baja presión, donde le es adicionada una solución de metalfisulfito de sodio, esto con el propósito abatir los cloruros presentes en el agua como consecuencia del tratamiento anterior.

Proceso seguido, se aumenta la presión del agua conducida mediante una bomba impulsora para ser filtrada, pasando a través de un filtro multicapa de 20 micras y luego un filtro de 5 micras, posteriormente ingresa al equipo desalador con una presión entre los 25 y 35 psi¹⁴, l(presión de trabajo del equipo) llegando a un separador de aire.

Osmosis Inversa

Posteriormente que el agua de alimentación haya sido filtrada y habiendo pasado por el separador de aire, ingresa al área de alta presión, donde la bomba principal aumenta la presión a 700-800 psi impulsando el agua hacia las membranas de osmosis inversa, que producirán la cantidad de agua producto requerida por el proyecto.

Como resultado de la osmosis inversa, se obtiene: Agua producto y agua rechazo (salmuera). El regulador de contrapresión controla la presión y automáticamente la mantiene en el nivel requerido para que se produzca la osmosis inversa en la zona de membranas. La salmuera es evacuada del sistema a través de la conexión de descarga de salmuera y vuelve al mar.

El agua agua producto fluye a través de la membrana de Osmosis Inversa siendo el proceso controlado mediante un sensor de salinidad (monitor de solidos disueltos totales) el que se ajusta automáticamente, y registra electrónicamente el contenido de sal del agua producto. Inmediatamente después de esto el agua dulce producida pasa a través de un flujómetro de agua producida, el que va indicando el caudal producido por el sistema.

Si eventualmente el monitor de sólidos disueltos totales registra una salinidad en el agua producto superior a la establecida inicialmente por el operador, automáticamente esta se conduce al sistema de rechazo de la planta, alertando correspondientemente al operador a fin de que se tomen las medidas pertinentes que corrijan la situación anómala.

¹⁴ Libra-fuerza por pulgada cuadrada, psi (del inglés pounds per square inch) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades. 1 psi equivale a 0.070307 kg/cm²

Una vez terminado el proceso de osmosis inversa, y obtenido agua producto, ésta es enviada al estanque de almacenamiento de agua potable, recibiendo una aplicación de solución de hipoclorito de sodio para su potabilización, según lo especifica la Norma Chilena de Agua Potable.

El equipo en cuestión presenta los requerimientos técnicos siguientes:

- Características del espacio físico: Ubicación del equipamiento en un sector protegido de la luz solar directa, lluvia y polvo.
- Espacio físico: Se requiere de una superficie de 1m x 0,5m (superficie mínima, que sumado a los dispositivos periféricos aumenta a alrededor de 3 m².)
- Energía: Suministro de energía eléctrica de corriente monofásica, 230VAC, 50Hz. Consumo de corriente nominal 11,0 A.
- Caudal de alimentación: Caudal de alimentación a la planta de Osmosis de 0,5 m³/h, disponible a una presión mínima de 40 psi.
- Caudal de desagüe: Cámara de desagüe adyacente al equipo, capaz de evacuar gravitacionalmente un caudal de 0,4 m³/h.

Cabe recordar que el equipamiento instalado corresponde a un equipo compacto desalador de agua de mar por osmosis inversa modelo SC600 para una producción de 2,27 m³/día, el que está constituido por los siguientes componentes¹⁵:

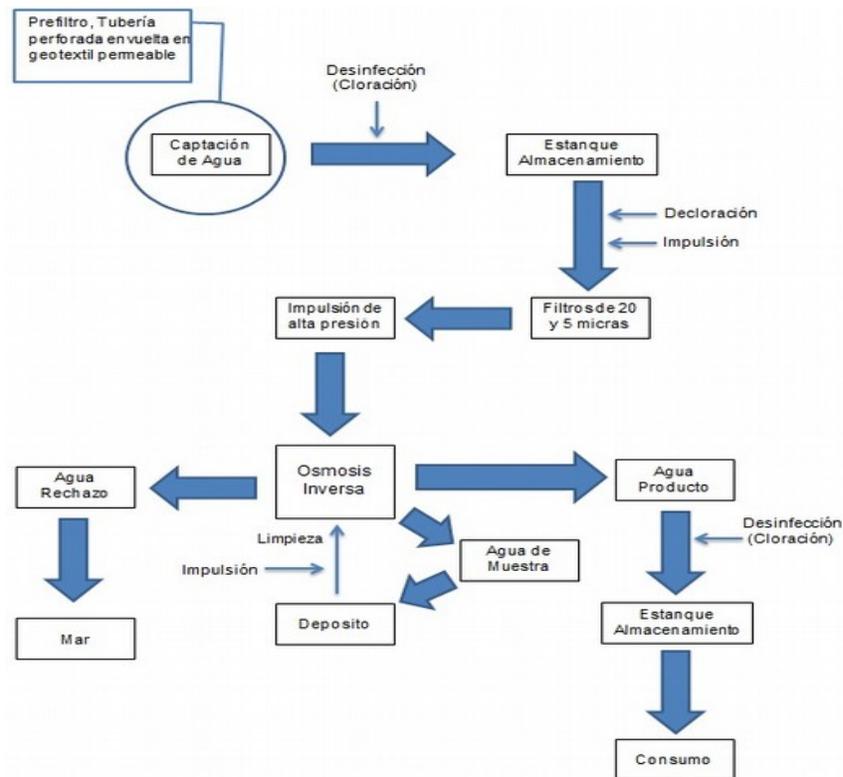
- Membranas de agua de mar del tipo espiral enrollada: capaces de producir una calidad superior de agua y un caudal de agua producto estable. Las membranas son 2 ½" x 20" diseñadas para agua de mar. Las membranas son alojadas en un estanque de presión construidos en fibra de vidrio diseñado para una presión de trabajo de 1000 psi.
- Bomba de alta presión de desplazamiento positivo: para entregar una presión de hasta 1000 psig en la alimentación de las membranas. La bomba es de tipo pistón con motor de 2,2 kW. El sistema es equipado con una válvula de alivio para una operación segura.
- Prefiltración: para la filtración del agua de ingreso a las membranas de osmosis inversa, permitiendo el ingreso de agua libre de contenido de sólidos suspendidos. Los filtros son de 20/50 y 5 micrones.
- Conductivímetro: del agua de producto para el monitoreo de la calidad del agua producida por la Osmosis. El sistema de medición incluye pantalla digital montada en un panel.
- Rotámetros en línea: para la medición precisa del caudal de agua producto y del rechazo.
- Manómetros de presión: montados en línea para el monitoreo de la presión de entrada al sistema y presión de alimentación a las membranas. Los

¹⁵ En la práctica y dadas las limitantes de energía disponible, y establecidas las demandas reales de suministro de agua, el valor estimado a producir en periodos punta no debería sobrepasar un volumen de 1,0-1,1 m³/día

manómetros son construidos en acero inoxidable en todas sus partes en contacto con el agua, rellenos con glicerina.

- Interruptor de presión y válvula de alivio: Incluye un interruptor en la alimentación de agua de mar cuya función es detener la bomba de alta presión cuando hay bajo caudal o presión. Se incluye una válvula de alivio en la línea de alta presión para protección.
- Flushing automático: Incluye un sistema de “flushing” o lavado de desplazamiento a baja presión de las membranas con agua producto. Esta operación es realizada automáticamente ante detenciones del equipo, a fin de evitar el deterioro de las membranas de Osmosis.
- Set de interconexiones de baja y alta presión: a través de mangueras flexibles reforzadas especialmente diseñadas para trabajo a alta presión en ambientes corrosivos. Se incluye una válvula de control de alta presión para el control de la presión de alimentación a las membranas.

Figura N° 3. Esquema proceso particular de desalación por osmosis inversa en Isla Damas.



RESULTADOS DEL PROYECTO

Durante el presente proyecto se dio cumplimiento al diseño y emplazamiento de una planta de osmósis inversa (de pequeña escala) alimentada por un sistema fotovoltaico, cumpliendo con las expectativas y objetivos trazados para sus formuladores, como también para sus beneficiarios.

Sin embargo, a fin de validar los resultados obtenidos en el mediano y largo plazo, se hace necesaria la aplicación de una serie de indicadores, a modo de monitorear, cuantificar y evaluar el funcionamiento y desempeño del sistema, así como sus impactos. De este modo queda para una etapa posterior, el desarrollo de tareas de seguimiento y evaluación de impactos del proyecto, la cual deberá ser realizada por CONAF, como organismo encargado del sistema.

A continuación se presentan los indicadores elaborados para evaluar la experiencia y puesta en marcha del proyecto.

1. Evaluación de experiencia piloto única en el país, para el abastecimiento de agua potable basada en Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica en lugares remotos.

Indicador: Planta de desalación de agua de mar mediante Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica operativa.

Cumplimiento: La planta desaladora se somete a pruebas de funcionamiento y operación, entregándose para su uso a la CONAF en condiciones operativas.

Indicadores energéticos.

Con el fin de efectuar un seguimiento sobre cada uno de los parámetros del sistema, y facilitar un proceso posterior de evaluación del desempeño del sistema a mediano plazo, se elaboró un sistema de hojas de registros. Ver anexo N°22-D, Hoja de registros y eventos. Entre los principales aspectos sobre los cuales se recoge información están los de: Horas de funcionamiento de la desaladora, Niveles de TDS registrados en el proceso de producción, Caudales (agua salada - BRINE CONCENTRATE, agua producto - PRODUCT WATER FLOW, alimentación), Porcentaje de Recuperación, Presión en manómetro ENTRADA, presión en manómetro SALIDA, Presión manómetro de alimentación, Presión manómetro de alta presión, agua producto producida, y otros eventos y observaciones.

A modo de ejemplo y con el fin de efectuar cálculos de niveles de producción, y

eficiencia energética en el proceso se elaboró un muestreo con información de 5 días de funcionamiento del sistema. Actualizados desde diciembre de 2013 a enero de 2014.

En el anexo N°29, Pruebas funcionamiento - estimación eficiencia, se muestran los resultados del testeo realizado.

Principales parámetros durante la prueba: Presión de trabajo bomba alta presión de 800 PSI (presión de trabajo recomendada según especificaciones del fabricante), caudal de alimentación en torno a los 450 litros por hora, presiones en manómetros de entrada y salida de filtros, y manómetro de alimentación dentro de los rangos usuales de trabajo, 9 - 6 PSI.

En primer lugar se aprecia un nivel de producción de agua desalinizada que ronda los 90 litros por hora, producidos a la presión de trabajo constante de 800 PSI. Este valor se encuentra dentro del rango de operación esperado según las especificaciones del fabricante y del distribuidor, y determina un porcentaje de recuperación del sistema de orden del 19,6%. Es decir, en términos promedio, una de cada 5 unidades de volumen de agua salada que se procesan, resulta en agua de producto apta para el consumo humano. Este valor se encuentra muy cercano al 20%, el cual es el porcentaje de recuperación recomendado por el fabricante. Valores muy por debajo de este redundarían en una pérdida de eficiencia del sistema desde el punto de vista energético. Por el contrario, el obtener valores de recuperación mayores, a una presión de trabajo por sobre los 800 PSI, si bien da como resultado un aumento en la capacidad de producción, también significa una sobreexigencia sobre la bomba, las membranas y otros elementos que forman parte del circuito de alta presión, con los consiguientes perjuicios económicos a la hora del recambio prematuro de dichos elementos y mayor ocurrencia de fallas en el sistema.

Con respecto a la energía consumida en el proceso, se aprecia que en términos totales en los días de prueba se consumieron 32.480 Wh de energía (1 Wh equivalente a 3.600 Joules). Esto en términos de consumo promedio de energía equivale a un rendimiento de 0,25 litros de agua de mar procesados por Wh de energía, y 0,043 litros de agua producto por cada Wh. Estos valores cabe señalar, se encuentran por debajo de los niveles de eficiencia de los sistemas tradicionales de producción, debido principalmente por cierto a las economías de escala obtenidas en los sistemas de mayores dimensiones, y además en la capacidad de reutilización de la energía de estas instalaciones de gran envergadura.

Estos datos calculados para eficiencia energética en este caso, se recomienda tomarlos como valores referenciales para efectos de comparación con otros sistemas de similares características que pudieran estar en proceso de implementación, en especial otros sistemas de osmosis inversa de escala similar y sistemas que eventualmente en el futuro pudieran implementarse de manera práctica, como los sistemas de nanofiltración.

Se observa además, al efectuar la comparación entre el tiempo de funcionamiento del sistema, y el tiempo de producción (tiempo en el cual efectivamente hay producción de agua desalinizada), que al disminuir la diferencia entre estos tiempos, se aumenta la eficiencia en la producción. Esto resulta de toda lógica ya que a medida que se prolongan los tiempos en los que el sistema funciona y sobretodo al disminuir comparativamente los tiempos de no producción (Lavados de membranas - flushing, y otras tareas de mantenimiento), la eficiencia en cuanto al gasto de energía aumenta. Dicho de otro modo, se obtiene una mayor eficiencia en la producción si en lugar de operar dos veces el sistema durante 3 horas, más el correspondiente tiempo de flushing, es más eficiente operar por una vez durante 6 horas con su correspondiente tiempo de flushing.

2. Elaboración de procedimientos para el dimensionamiento de planta de Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica.

Indicador: Memoria de cálculo y diseño de planta de desalación de agua de mar mediante Osmosis Inversa-Energía Fotovoltaica publicado formato electrónico.

Cumplimiento: Se elaboran los documentos que contienen las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes del sistema (planta de osmosis inversa y sistema fotovoltaico), los cuales son publicados de manera electrónica y entregados a los beneficiarios e instituciones participantes de la iniciativa.

En anexos N°13-A Memoria Técnica, se muestran los cálculos realizados con relación a los procedimientos de cálculo de caudales y desinfección por cloración, mientras que en el anexo N°13-B Memoria Fotovoltaica, se muestra el esquema de cálculo efectuado para el dimensionamiento del sistema generador y acumulador de energía. El procedimiento del trabajo desarrollado en torno a la metodología seguida con el fin de llevar a cabo la implementación y puesta en marcha del sistema, forman parte del presente informe, en los puntos: Análisis de pertinencia ambiental del proyecto, Solicitud de permisos ante la autoridad marítima, Reconocimiento en terreno, Evaluación y Dimensionamiento de Alternativas Tecnológicas, Diseño de Obras, Instalación de faenas, Construcción de Caseta, Instalación de obras de captación de agua de mar, Emplazamiento de tuberías de conducción de salmueras, Instalación de planta de osmosis inversa, Instalación de paneles fotovoltaicos, Pruebas y Funcionamiento, Obtención de autorizaciones sanitarias y Actividades de Capacitación.

3. El Análisis Costo de Ciclo de Vida Útil del sistema y comparación con soluciones alternativas.

En el Anexo N°14. “Costos ciclo vida útil y comparación con soluciones alternativas”, se muestran los resultados esperados para la operación de las distintas opciones consideradas con un horizonte de 10 años de operación, el cual es el tiempo operativo esperado del sistema desalinizador.

Asimismo, a partir de este análisis se resume en el cuadro N°2 en el punto “Evaluación y Dimensionamiento de Alternativas Tecnológicas”, del presente informe, la comparación efectuada en cuanto a las distintas soluciones tecnológicas consideradas.

Los cuadros correspondientes a los costos de inversión de infraestructura, equipamiento, suministros y operación se detallan en cada caso para los equipos: Watermakers SC 600, de desalinización de agua de mar configurado para una capacidad de producción de 1 m³/día; Equipo AW500M, cuyo funcionamiento se basa en la condensación de la humedad atmosférica con una capacidad de producción de 0,5 m³/día; y equipo HidroQuality para desalinización de agua de mar con 3-5 m³/día de producción estimada.

Para las tres opciones existen algunos costos constantes, tales como las obras de caseta, estanques de almacenamiento, suministros y costes de operación, siendo estos últimos levemente distintos para cada alternativa. En cambio se presentan diferencias significativas en la adquisición de los equipos y además en el dimensionamiento y adquisición del sistema fotovoltaico, el cual dependiendo de cada alternativa, debe suministrar desde 2 Kw hasta 7 Kw.

Se aprecia que si bien la tecnología de captación de la humedad atmosférica tiene una componente importante en cuanto a la innovación que significa la configuración y uso de un equipo de estas características, sus requerimientos energéticos, sumado a una menor tasa de producción de agua, lo hacen poco recomendable para la situación del presente proyecto.

Por su parte las tecnologías de desalinización cumplen con la finalidad de provisión mínima establecida para el consumo de un tope de 600 personas/día en los meses estivales, además de costos razonablemente más bajos en cuanto a la adquisición de equipos y la configuración de un sistema de energía que sea capaz de proveer potencia a las instalaciones.

A este respecto se aprecia que el equipo seleccionado Watermakers modelo SC600 es la opción más adecuada, toda vez que cumple con el mínimo de producción requerida, a la vez que al tener menos capacidad de producción, sus requerimientos energéticos son menores en comparación con las otras opciones. Es más, la opción seleccionada tiene un potencial de producción de hasta 2

m³/día, situación que excede los requerimientos actuales.

Si las necesidades de consumo de agua fueran mayores que la situación de la Reserva, y si estas excedieran los 2 m³/día, entonces comenzaría a hacerse más recomendable una opción como la ofrecida por el equipo Hydroquality. En una configuración de este tipo, si bien la inversión inicial es mayor, debido a efectos de economía de escala, el valor de producción del metro cúbico desciende desde los 42,3 US\$ por metro cúbico, en el caso del equipo Watermakers a los 36,6 US\$ por metro cúbico en el caso del equipo Hydroquality.

Como valores de referencia, a nivel industrial los valores de costos producción de agua de mar desalinizada por ósmosis inversa pueden caer bajo 1 US\$ por metro cúbico. Aunque en estos casos encontramos con notorias diferencias, comparadas a la situación del proyecto, en cuanto a las economías de escala de las instalaciones con fines comerciales, incorporación de procesos de reutilización de parte de la energía residual de la desalinización y muy importante, acceso a fuentes de energía convencionales actualmente más económicas.

4. Entrenamiento de los operarios y difusión de resultados.

Actividad descrita con mayor detalle en los apartados, Actividades de Capacitación, punto 1, Capacitación empresa donante De Watergroep y punto 2 Capacitación empresa VIGAFLOW, además de los anexos N°21, 27-A, 27-B, 28-A y 28-B.

Mientras que los aspectos de difusión se abordan en el punto Actividades de Difusión del proyecto, y los anexos N°17, 18, 19, 20, 30, 31-A, 31-B y 31-C.

5. Aprovechamiento de agua desalada para el abastecimiento de la población flotante de Isla Damas.

Indicador: Disposición de 1 m³/día de agua desalada apta para consumo humano según Norma Chilena.

Cumplimiento: Se obtiene agua potable con una producción de 1 m³/día, la cual se encuentra de acuerdo a la Norma Chilena y validado por parte de la autoridad sanitaria con la resolución correspondiente.

En anexo N°06 Resolución 1093 de Junio de 2013, se presenta la resolución Sanitaria de la SEREMÍA de Salud, la cual autoriza la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua potable producida en la planta, en el punto de entrega del sector de los dispensadores de agua situado junto al embarcadero de Isla Damas.

Asimismo mayores antecedentes respecto del sistema se describen en detalle en el punto Descripción del Sistema de Desalación y documentos Anexos.

LISTADO DOCUMENTOS ANEXOS

- Pronunciamiento sobre Pertinencia Ambiental del Servicio de Evaluación Ambiental , Región de Coquimbo.
- Certificado SERNAPESCA sobre permiso de escasa importancia punto de captación de agua de mar.
- Resolución de DIRECTEMAR la gobernación Marítima sobre permiso de escasa importancia punto de captación de agua de mar.
- Certificado de la Dirección de Obras Hidráulicas sobre infraestructura de agua potable en Isla Damas.
- Informe de ensayo químico Laboratorio de Salud Pública Ambiental SEREMI de Salud, Región de Coquimbo. N°1-2013-1050.
- Informe de ensayo químico Laboratorio de Salud Pública Ambiental SEREMI de Salud, Región de Coquimbo. N°1-2013-1316 y N°2-2013-1316.
- Resolución de Salud de la SEREMIA de Salud N°1093 del 5 de junio de 2013, aprueba sistema de agua potable.
- Carta compromiso de colaboración Corporación Nacional Forestal.
- ORD.No: 33/2011 de la Corporación Nacional Forestal, Región de Coquimbo, en que solicita evaluar pertinencia de ingreso al SEIA de Proyecto de instalación de planta de osmosis inversa en Isla Damas.
- Antecedentes del Proyecto o actividad que acompaña el ORD.No: 33/2011 de la Corporación Nacional Forestal.
- ORD.No: 39/2011 de la Corporación Nacional Forestal, Región de Coquimbo, que complementa información de proyecto desalador Isla Damas.
- ORD.No: 18/2012 de la Corporación Nacional Forestal, Región de Coquimbo, entrega antecedentes solicitud permiso de escasa importancia punto de captación de agua de mar.
- Antecedentes para solicitud de Permiso de Escasa Importancia de la Gobernación Marítima con la finalidad del establecimiento de obras de captación de agua y restitución de agua de rechazo.
- Memoria Técnica Proyecto.
- Memoria Técnica Sistema Fotovoltaico.
- Diagrama de flujo actividades desarrolladas en el proyecto
- Análisis ciclo de costos vida útil Equipo WaterMakers SC 600 y cuadro comparativo con otras opciones analizadas.
- Certificado de análisis de agua de mar, GEOQUÍMICA N° 3008/10.

- Certificado de Análisis de agua potable, GEOQUÍMICA N° 4250/13.
- Documento Técnico N° 33D PHI-VII. Desalación de agua de mar mediante sistema Osmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo (Índice de contenidos, Documento completo en versión electrónica).
- Esquema hidráulico y fotovoltaico proyecto.
- Diseño afiche.
- Diseño tríptico.
- Manual de Usuario Planta Desalinizadora Serie SC.
- Listado de verificación antes del encendido de la planta.
- Listado de verificación encendido planta.
- Listado de verificación apagado planta.
- Hoja de registros y eventos.
- Procedimiento de elaboración de soluciones químicas
- Especificaciones bomba alimentación.
- Especificaciones bombas dosificadoras de regulación manual.
- Especificaciones bomba solar.
- Proyecto desalación de agua de mar mediante sistema osmósis inversa - energía fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas (plano, versión electrónica Autocad).
- Contenidos capacitación De Watergroep
- Listado de participantes Primer Curso de Capacitación, De Watergroep.
- Contenidos capacitación VIGAFLOW
- Listado de participantes Segundo Curso de Capacitación, VIGAFLOW.
- Pruebas funcionamiento - Estimación de eficiencia
- Presentación Planta Ósmosis Inversa Isla Damas
- Noticia en sitio web del Consejo Regional
- Noticia en sitio web El Observatodo
- Noticia en sitio web Diario El Día
- Inventario de Infraestructura, equipos y materiales
- Anexo Fotográfico