



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS MULTIUSUARIOS DE DESALINIZACIÓN E
IMPULSIÓN DE AGUA EN MINERÍA Y PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS
PARA SU IMPLEMENTACIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

DIEGO ANTONIO RIVEROS BRAVO

PROFESOR GUÍA:

WILLY KRACHT GAJARDO

PROFESOR CO-GUÍA:

RODRIGO JILIBERTO HERRERA

COMISIÓN:

EMILIO CASTILLO DINTRANS

SANTIAGO DE CHILE

2021

**RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL DE MINAS
POR: DIEGO ANTONIO RIVEROS BRAVO
FECHA: MAYO 2021
PROFESOR GUÍA: WILLY KRACHT GAJARDO**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS MULTIUSUARIOS DE DESALINIZACIÓN E
IMPULSIÓN DE AGUA EN MINERÍA Y PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS
PARA SU IMPLEMENTACIÓN**

Frente al problema de escasez hídrica potenciada por el cambio climático, se han instalado grandes desalinizadoras alrededor del mundo, Chile, no ajeno al problema, lo ha enfrentado también con desalinización, muchas de ellas, parte de proyectos que relacionados con la minería.

El presente trabajo busca proponer iniciativas de políticas públicas para Chile que impulsen la modalidad multiusuario para la desalinización y sistemas de transporte, a partir identificar oportunidades desde los ámbitos económico, social y ambiental, haciendo un análisis y caracterizaciones de estos, pasando por una revisión del marco regulatorio chileno con el fin de encontrar barreras para la implementación de esta modalidad y de la experiencia internacional con el fin de saber cómo han regulado y a que problemas se han enfrentado.

Económicamente, bajo los modelos utilizados es atractivo realizar los proyectos en la modalidad mencionada y se identifican algunas oportunidades ambientales en eficiencia energética y uso de suelos. Por otra parte, se identifican problemas ambientales de los cuales no se tiene certidumbre y socialmente problemas y oportunidades que se tiene con la instalación de proyectos de desalinización.

El marco regulatorio chileno no impide, así como tampoco impulsa los proyectos multiusuarios, sin embargo, se identifican incertezas en este para el desarrollo de la actividad como en la propiedad del agua desalinizada, títulos habilitantes e instituciones.

Y como ultimo antecedente, la experiencia internacional muestra una desalinización integrada a todas las otras fuentes de agua, una gestión hídrica local, con una regulación medioambiental más clara que Chile y la inclusión del medioambiente en sus sistemas de abastecimiento de agua.

Finalmente, se hacen propuestas en cuanto a la propiedad del agua desalinizada y requerimientos para el desarrollo de la actividad. Y la creación de una institución que promueva la actividad de manera planificada, sustentable y eficiente.

Abstract

Faced to the problem of water scarcity powered by climate change, large desalination plants have been installed around the world, Chile, is not alien the problem, has faced it with desalination too, many of them, part of projects related to mining.

The present works looks for propose initiatives of public policies for Chile that promote multi-users desalination and water transport systems, starting from identifying economic, social and environmental opportunities, analysing and doing a characterization of these topics, making a revision of the Chilean regulatory framework with the purpose to find barriers for the implementation of this modality, and a revision of international experience to know how they have regulated the activity and the problems they have faced to.

Economically, under the used models, it is attractive to perform projects in the mentioned modality, and different opportunities are identified related to energy efficiency and ground use. On the other hand, environmental issues of which the there is no certainty are identified, and social issues and opportunities by the installation of desalination projects.

The Chilean regulatory framework does not impede as well as neither promote multi-users projects, however, uncertainties are identified for the activity development, like the property of desalinated water, qualifying titles, and institutions.

And as last antecedent, international experience shows a desalination integrated to the other water sources, local management, with a clearer environmental regulation than the Chilean one, and the inclusion of environment in their water supply systems.

Finally, proposals are made as to the property of desalinated water and regulatory requirements for the development of the activity. And the creation of an institution that promote the activity in a planned, sustainable, and efficient manner.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y a mi padre por la formación que me han dado, y a mi familia por todo el apoyo durante toda mi vida y durante mi carrera.

A mis amigos, por ayudarme a crecer, llevar una vida más amena, llena de buenos momentos y mucho aprendizaje.

A los profesores por su experiencia y a veces desafiarme a ser mejor.

A la universidad por albergarme en unas de las experiencias con mayor aprendizaje de mi vida.

A les cabres del grupo de apoyo de memoristas anónimos de la oficina por compartir información, pensamientos y buena onda.

Y gracias a la vida, que me ha dado tanto (*Violeta Parra*).

TABLA DE CONTENIDO

Abstract	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
1.1 Generalidades del trabajo de título	1
1.2 Objetivos del estudio	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.4 Metodología general del estudio	6
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA	8
2.1 Costos asociados a una planta desalinizadora.....	9
2.1.1 Costos de inversión.....	9
2.1.2 Costos de operación	11
2.2 Sistema de transporte.....	12
2.3 Costos de energía	15
2.4 Resumen costos de sistema de desalinización y transporte, y escenarios.....	16
2.5 Presentación y análisis de resultados.....	18
2.6 Conclusiones	19
CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN SOCIOAMBIENTAL	19
3.1 Impactos Ambientales.....	20
3.1.1. Salmuera.....	20
3.1.2 Consumo energético.....	21
3.1.3 Tomas de agua.....	22
3.1.4 Uso de suelos y perturbación de la zona	22

3.1.5 Calidad del aire y ruidos.....	23
3.2 Análisis social.....	23
3.2.1 Acceso al agua.....	24
3.2.2 Pescadores artesanales	24
3.2.3 Actividades turísticas.....	26
3.2.4 Oportunidad laboral.....	26
Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral	26
3.2.5 Participación ciudadana	27
3.2.6 Confianza en el sistema	27
3.3 Presentación y análisis de resultados	27
3.4 Conclusiones.....	29
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL MARCO REGULATORIO CHILENO.....	30
4.1 Dominio del agua desalinizada	30
4.2 Títulos habilitantes para la desalinización y sistema de transporte	31
4.2.1 Concesiones marítimas.....	31
4.2.3 Resolución de calificación ambiental para una planta desalinizadora.....	33
4.2.4 Resolución de calificación ambiental para un sistema de transporte de agua.	36
4.2.5 Permisos ambientales sectoriales	36
4.3 Instituciones ligadas a la desalinización y la gestión del agua.....	38
4.4 Proyectos de ley asociados a la desalinización	40
4.4 Presentación y análisis de resultados.....	41
4.4.1. Marco regulatorio actual.....	41
4.4.3 Proyectos de ley.....	43
4.5 Conclusiones	45

CAPÍTULO V: EXPERIENCIA INTERNACIONAL.....	45
5.1 España.....	45
5.2 Australia.....	48
5.3 California, Estados Unidos.....	49
5.4 Israel.....	50
5.5 Presentación y análisis de resultados.....	51
España.....	51
Australia.....	52
California, Estados Unidos.....	53
Israel.....	53
5.6 Conclusiones.....	54
CAPÍTULO VI: COMENTARIOS FINALES Y PROPUESTAS	55
6.1 Comentarios Finales.....	55
6.2 Propuestas.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	67
Anexo 1: Marco conceptual de la desalinización.....	67
Anexo 2: Consulta ciudadana.....	69

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa mundial estrés hídrico.....	1
Figura 2: Mapa de estrés hídrico chileno.....	2
Figura 3: Ubicación proyecto: “Proyecto Planta de Agua Potable Atacama”.....	3
Figura 4: “Planta desalinizadora de Agua de Mar para la región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral”.	4
Figura 5: “Planta Desaladora Bahía Caldera”.....	5

Figura 6: Costo total de inversión de una planta desalinizadora según su producción de agua fresca en m ³ .	10
Figura 7: Costo medio de inversión de infraestructura de una planta según su capacidad de producción en m ³ .	10
Figura 8: Costo total de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora según su producción de agua fresca en l/s.	11
Figura 9: Costo medio de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora según su capacidad en l/s.	12
Figura 10: Costo por metro de construcción de transporte.	14
Figura 11: Costo medio por metro de construcción del sistema de transporte.	14
Figura 12 Costo total por consumo energético por desalinización y transporte de agua.	15
Figura 13: Costo medio de transporte de agua para.	16
Figura 14 Disposición espacial proyecto: “Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral”	24
Figura 15: Área de influencia de la biota marina	25
Figura 16: Área de influencia medio físico y ecosistemas marinos proyecto “ENAPAC”	26
Figura 17: Causales de ingreso al SEIA de plantas desalinizadoras con RCA.	34
Figura 18: Proyectos que cuentan con plantas desalinizadoras con RCA aprobada según su forma de presentación.	35

Índice de Tablas

Tabla 1: Supuestos de costos proporcionales a capacidad y capex.	9
Tabla 2: Supuestos de equipos para la planta desalinizadora.	9
Tabla 3: Resumen de costos medios para cada alternativa propuesta.	17
Tabla 4: Valor actualizado de Costos para las diferentes alternativas.	18
Tabla 5: Consumo energético y emisiones de CO2 equivalente para cada alternativa.	21
Tabla 6: Requerimientos para la instalación de una planta desalinizadora.	23
Tabla 7: Mano de obra promedio para proyectos de desalinización.	26

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 Generalidades del trabajo de título

La escasez hídrica es un problema presente en el mundo, que se ha visto acrecentado debido al aumento de demanda de agua y la intensificación del cambio climático (UN, 2019). Ha afectado en mayor medida a gran parte como el medio oriente, norte de África, el norte de Chile, gran parte de Asia y Australia como se muestra en la figura 1.

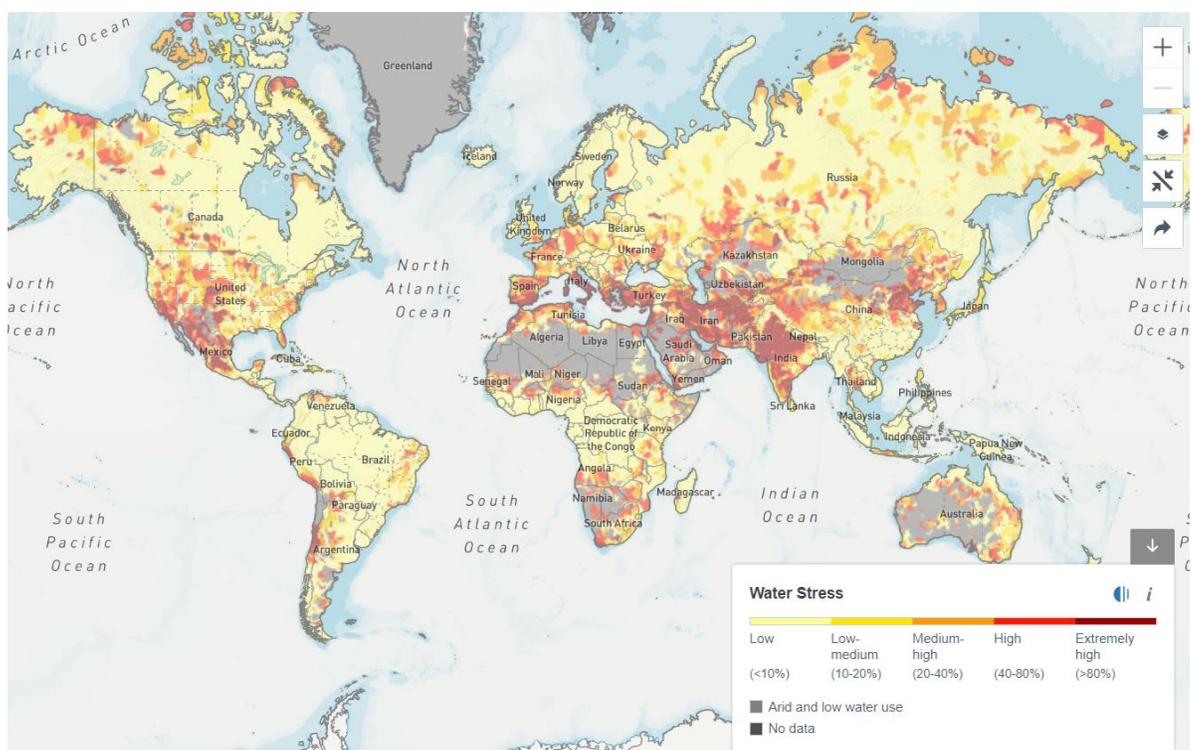


Figura 1: Mapa mundial estrés hídrico.

Fuente: (WRI, 2021)

En respuesta a esto, es que países han utilizado la desalinización como una alternativa de abastecimiento, llegando a construir grandes plantas desalinizadoras alrededor del mundo. Dentro de las que destacan la planta Adelaida en Australia capaz de producir 3.470 litros por segundo (de ahora en adelante l/s) utilizando la tecnología de osmosis inversa (ACCIONA, sin fecha). La planta de Ashdod en Israel, capaz de producir 4.440 l/s aproximadamente mediante osmosis inversa. Y la planta desalinizadora más grande el mundo ubicada en Israel Sorek, capaz de producir 7.220 l/s de agua desalinizada aproximadamente utilizando también la tecnología de osmosis inversa (MetroNewsweek, sin fecha).

Chile por su parte no está ajeno al problema de escasez hídrica, la zona de un estrés hídrico extremadamente alto se extiende desde la región de Arica y Parinacota hasta le región del Libertador Bernardo O'Higgins como se muestra en la Figura 2.

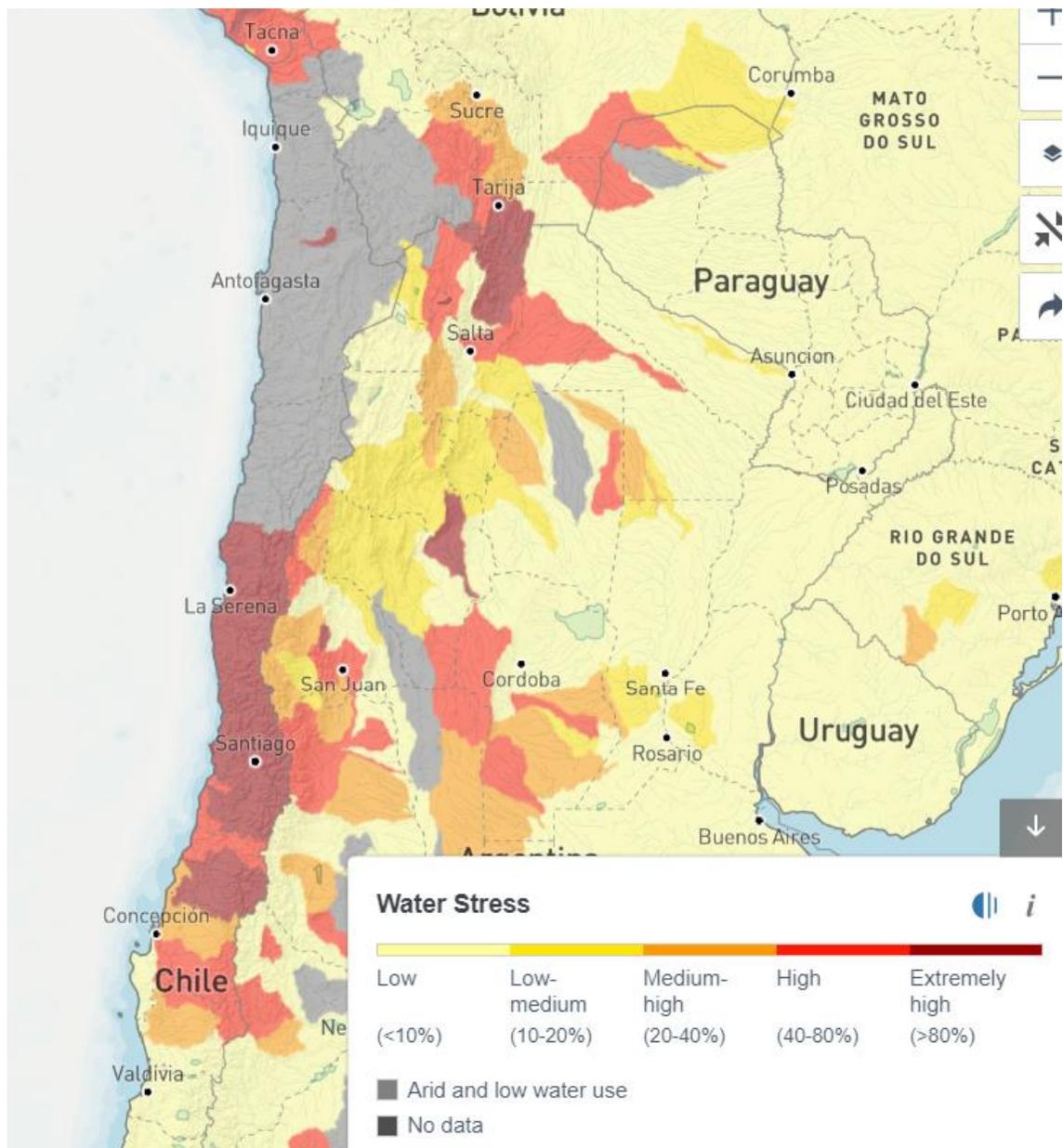


Figura 2: Mapa de estrés hídrico chileno

Fuente: (WRI, 2021)

La minería se desarrolla principalmente en esta área de muy alto estrés hídrico (Sociedad Nacional de Minería, 2020), además la actividad proyecta un aumento en el consumo de agua a partir del año 2020 al 2031 ; de 18,5 a 23,3 m³/s, donde el consumo de agua continental se verá disminuido de 12,8 a 12,4 m³/s, a su vez el consumo de agua de mar aumentara de 5,7 a 10,9 m³/s, pasando a suplir desde un 30% de la demanda a un 47% (Comisión Chilena del Cobre, 2020).

En concordancia con lo mencionado la minería ha impulsado fuertemente la desalinización en Chile. Al año 2021 se encuentran en operación 8 plantas

desalinizadoras, de las cuales 6 se encuentran en la región de Antofagasta (Montes y González, 2018) y 3 sistemas de impulsión de agua de mar. Además, se proyectan al 2028, 15 nuevos proyectos entre plantas desalinizadoras y/o sistemas de impulsión estarán operando (Reporte Minero, 2021).

Pero no solo la industria minera ha impulsado la desalinización, también se desarrollan proyectos para abastecer el consumo humano. Por nombrar alguna que tenga este fin, en la región de Atacama se construye una planta que pretende producir 1200 l/s de agua desalinizada, pudiendo abastecer a 250.000 personas (El Mercurio, 2019). Y dentro de la misma comuna también se construye ENAPAC, una planta desalinizadora que será la más grande de Latinoamérica, llegando a producir 2630 l/s, para abastecer a múltiples clientes (Portal Minero, 2019).

Como ejemplo de la instalación de plantas desalinizadoras en Chile, la comuna de Caldera, ubicada en la región de Atacama es un ejemplo. 3 son las plantas desalinizadoras ya instaladas cercanas al poblado, con diferentes propósitos. Las cuales se detallan a continuación:



Figura 3: Ubicación proyecto: “Proyecto Planta de Agua Potable Atacama”.

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha c) .

La figura 3 muestra la planta desalinizadora perteneciente a Suez Medioambiente Chile S.A. quien presento el año 2013 el proyecto al servicio de evaluación ambiental, y cuenta con su resolución de calificación ambiental aprobada desde el al año 2015 luego de la presentación de un estudio de impacto ambiental bajo

la tipología de “Sistemas de agua potable que comprendan obras que capten y conduzcan agua desde el lugar de captación hasta su entrega en el inmueble del usuario”, con las tipologías secundarias de “líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje”, “subestaciones” y “emisarios submarinos”. “*El Proyecto se plantea para la producción de 1000 l/s entre agua potable y agua industrial, con el fin de abastecer de agua potable a las localidades de Caldera, Bahía Inglesa, Calderilla, Copiapó, Paipote, Tierra Amarilla y Chañaral, además de satisfacer las necesidades de agua industrial de otros mercados de la zona*” (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha).

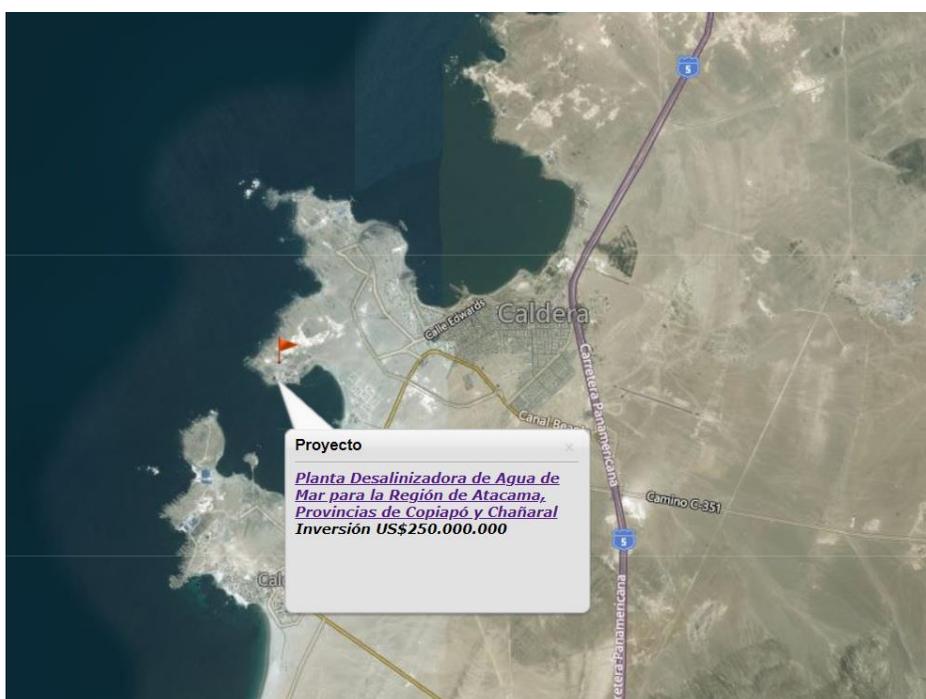


Figura 4: “Planta desalinizadora de Agua de Mar para la región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral”.

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha).

La figura 4 muestra la planta desalinizadora perteneciente a Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios S.A. quien presentó el año 2014 el proyecto al servicio de evaluación ambiental, y cuenta con su resolución de calificación ambiental aprobada desde el año 2016 luego de la presentación de un estudio de impacto ambiental. “*Se estima alcanzar una capacidad máxima de la planta de 1.200 l/s de agua tratada en la etapa final, con una primera etapa con capacidad total para 450 l/s y una segunda etapa con capacidad total para 900 l/s*”. La tipología del proyecto es “Sistemas de agua potable que comprendan obras que capten y conduzcan agua desde el lugar de captación hasta su entrega en el inmueble del usuario”, con la tipología secundaria de “emisarios submarinos” (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha).

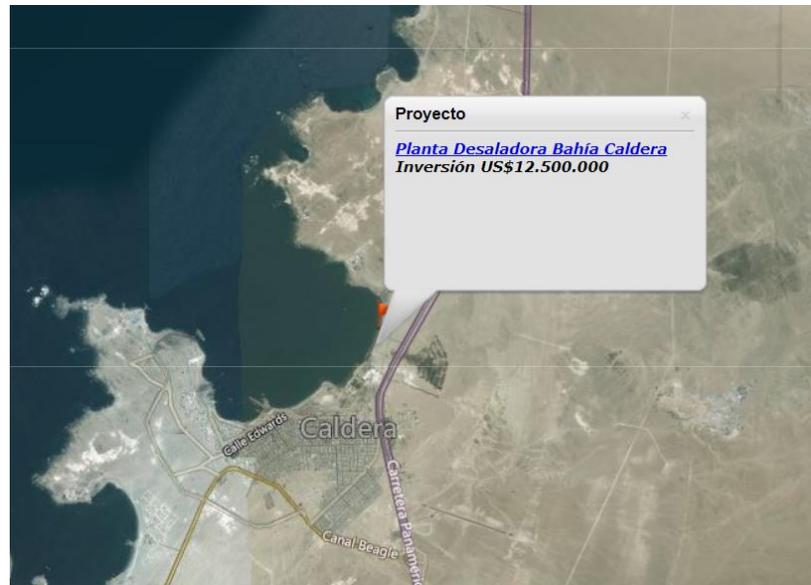


Figura 5: “Planta Desaladora Bahía Caldera”.

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha).

La figura 5 muestra la planta desalinizadora perteneciente a Seven Seas Water Chile Spa. quien presento el año 2013 dos veces, la primera en noviembre del 2013, pero no fue admitido para tramitación, y la segunda en diciembre del mismo año, y cuenta con su resolución de calificación ambiental aprobada desde el año 2015 luego de la presentación de una declaración de impacto ambiental. *“El Proyecto, tiene por objeto utilizar agua de mar con el fin de producir 92,6 l/s (8.000 m³/día) de agua desalada, mediante el diseño, construcción, operación y mantenimiento de una Planta Desaladora de agua de mar, la cual se ubicará en el predio industrial donde se emplaza y opera la Pesquera Bahía Caldera S.A.”.* La tipología de este proyecto es de ingreso voluntario (Servicio de Evaluación Ambiental, sin fecha a)

Los 3 proyectos ubicados en la misma zona de la comuna de Caldera suman una cantidad de 2300 l/s de agua aproximadamente, una cantidad inferior a las plantas anteriormente mencionadas instaladas en el extranjero, e inferior también a la planta más grande ubicada en Chile, que es Puerto Coloso, perteneciente a Minera Escondida, con una capacidad de producción de 2500 litros por segundo de agua (de ahora en adelante l/s) (El Mercurio, 2013), por lo que en Chile existe la posibilidad de instalar una planta que cubra la capacidad instalada de las 3 plantas independientes mencionadas.

En base a lo anteriormente expuesto y pensando que es una actividad en un futuro pueda desarrollarse más aun, resulta importante identificar la posible

existencia de oportunidades en el desarrollo de la desalinización y la instalación de sistemas de transporte en una modalidad multiusuario desde una perspectiva medioambiental, social y económica, identificando posibles barreras que se tengan para su implementación, recopilando experiencias de cómo han desarrollado la actividad en otros países, para finalmente proponer ideas de como implementar esta modalidad, con el fin de que el desarrollo de la actividad sea en armonía con la sociedad.

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo general

Proponer iniciativas de políticas públicas para el aprovechamiento de economías de escala en la instalación de sistemas de desalación.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las ventajas en términos de eficiencia energética, costos e impacto ambiental relativo de un eventual sistema multiusuario que considere una única instalación de desalación-impulsión para dos o más faenas mineras.
- Realizar un análisis de la experiencia internacional en cuanto a la implementación de la desalinización e identificar políticas públicas que puedan ser implementadas a nivel local.
- Identificar posibles barreras técnicas u otras limitantes asociadas al marco regulatorio, por lo cuales los sistemas multiusuario no se implementan.
- Proponer iniciativas políticas públicas para promover la instalación de sistemas de desalación e impulsión multiusuarios.

1.4 Metodología general del estudio

Parte 1: Análisis técnico económico.

En base a modelos de CAPEX y OPEX para plantas desalinizadoras con capacidades que van desde los 200 a 220.000 l/s, se estiman ambos valores en

base a supuestos para producir agua desalinizada de mayor calidad que el requerimiento industrial.

Para el sistema de transporte de agua, en base a un modelo de costo de construcción se estima el costo para el transporte de distintas cantidades de agua, que van desde los 400 a 1700 l/s.

Finalmente se escogen 3 alternativas de diferentes capacidades; de 500, 1000 y 2000 l/s, que abastecen plantas ubicadas a 100 km de distancia; se procede a comparar los costos de cada una en CAPEX y OPEX, también haciendo un Valor Actualizado de Costos suponiendo que tienen un periodo de operación de 20 años.

Parte 2: Análisis socioambiental.

a. Análisis medioambiental:

Se identifican y caracterizan los principales impactos ambientales relacionados a la desalinización y su posible variación por la instalación de sistemas multiusuarios.

b. Análisis social

Se identifican y caracterizan los posibles impactos que conlleva la instalación de una planta desalinizadora y un sistema de transporte, tanto positivos como negativos.

Parte 3: Análisis de las limitantes técnicas y marco regulatorio chileno, y su impacto en la baja implementación de sistemas multiusuarios.

Se comienza con identificar el régimen jurídico existente y aplicable a la desalinización y sistemas de transporte en Chile, en lo que tiene que ver con la propiedad del agua desalinizada, los títulos habilitantes para realizar la actividad de la desalinización y las instituciones que directa o indirectamente se ven ligadas con la desalinización. Identificando posibles barreras para la implementación de sistemas multiusuario, además de vacíos o incertezas que signifiquen un problema para el desarrollo de la actividad. Y finalmente analizando los proyectos de ley y las temáticas que abordan.

Parte 4: Desalación en otros países.

Identificar 4 estados que tengan experiencia previa en desalinización, investigar las causas que lo han llevado a desalinizar, los problemas a los que se han enfrentado y rescatar las principales políticas que han implementado.

Parte 5: Propuestas.

Con los antecedentes obtenidos recopilados en las partes anteriores, habiendo identificado oportunidades, problemas, se realizan propuestas para que se aprovechen estas oportunidades y se dé solución de alguna manera a los problemas.

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

Para este trabajo, es importante realizar una evaluación técnico-económica de la instalación de plantas desalinizadoras como de sistemas de transporte a diferentes escalas, con el fin de saber si es económicamente atractivo el desarrollo de un eventual sistema multiusuario.

El uso de recursos en la desalinización varía por distintos factores, dentro de los más importantes e inherentes al lugar donde se opera se encuentran: salinidad del agua, temperatura del agua, total de sólidos en suspensión. También de factores como la calidad de agua final deseada, regulación local, entre otros. (Almar Water Solutions, 2016)

Además, se ha estudiado que, a mayor escala de producción de agua desalinizada, el valor final de esta es menor, observándose por ejemplo en MENA (Medio oriente norte de África), llegando a un límite óptimo para la producción aproximadamente de 185 l/s – 2315 l/s, por complejidad de tratamiento, distribución y operación (Voutchkov, 2018).

Considerando la variabilidad que existe, se realizará el supuesto que los precios son estandarizables según los valores que se encuentran en el mundo, a pesar de la variabilidad ya mencionada. Lo anterior hará que el valor encontrado no sea exacto, pero si permita dimensionar la diferencia entre los sistemas de un usuario en comparación a los multiusuarios.

Los modelos y datos utilizados para la evaluación técnico- económica es para plantas desalinizadoras que utilizan el proceso de osmosis inversa que están hechos a partir de benchmarking realizado por el autor, para el caso de la construcción del sistema de transporte, es en base a un modelo realizado por benchmarking en Europa. Y el consumo energético se realiza a partir de un consumo promedio dada por la temperatura del agua en Chile para la desalinización y el consumo por concepto de transporte de agua, son datos extraídos gráficamente. Se estandarizarán los costos, debido que el diseño de plantas escapa de los objetivos del informe.

2.1 Costos asociados a una planta desalinizadora.

Los costos de la planta desaladora se separarán en dos variables, los costos de inversión (CAPEX por su sigla en inglés) y los costos de operación (OPEX por su sigla en inglés).

2.1.1 Costos de inversión.

A partir de los supuestos de costos dados por Voutchkov (2019), se determinan los costos del CAPEX, al igual que el OPEX en la siguiente sección, a partir de un sistema de datos gráficos, para un rango de consumo que va desde 185 l/s hasta 2.120 l/s. Lo anterior es considerando un agua apta para consumo humano, colocándonos en un escenario de sobreprecios comparado a lo que requiere la minería. Los cálculos del modelo fueron hechos bajo los siguientes supuestos.

Considerando la realidad minera, se realizan los siguientes supuestos de costos proporcionales y de procesos a realizar que se muestran en las tablas 1 y 2:

Tabla 1: Supuestos de costos proporcionales a capacidad y capex.

Ítem	Costo
Preparación de terreno, caminos, estacionamientos	30 USD/m ³
Sistemas eléctricos y de instrumentación	75 USD/m ³
Equipos y servicios auxiliares y de servicio	25 USD/m ³
Edificaciones	60 USD/m ³
Ingeniería preliminar	20 USD/m ³
Prueba piloto	10 USD/m ³ +15000 USD x 8 meses
Disposición de concentrado	200 USD/m ³
Ingeniería de detalle	90 USD/m ³
Gestión y supervisión de la construcción	45 USD/m ³
Administración, contratación y gestión	40 USD/m ³
Permisos ambientales	40 USD/m ³
Servicios legales	25 USD/m ³
Puesta en marcha y comisionamiento	2% Capex
Costos de financiamiento del proyecto	3% Capex
Interés durante la construcción	5% Capex
Servicio de deuda y reembolso	2% Capex
Contingencia	1% Capex

Tabla 2: Supuestos de equipos para la planta desalinizadora.

Ítem	Supuesto
Toma de Agua	Tubería HDPE 200m de largo + pozo de bombeo sumergido + band screens
Pretratamiento	Filtros de gravedad+ filtros Cartridge
Sistema de RO	Full Two pass RO system
Post tratamiento	Sistema Calcita CO2 + Sistema Sodio Hipoclorito

Considerando los supuestos realizados, se llega a una relación de CAPEX con la capacidad de la planta que se presenta en la figura 9:

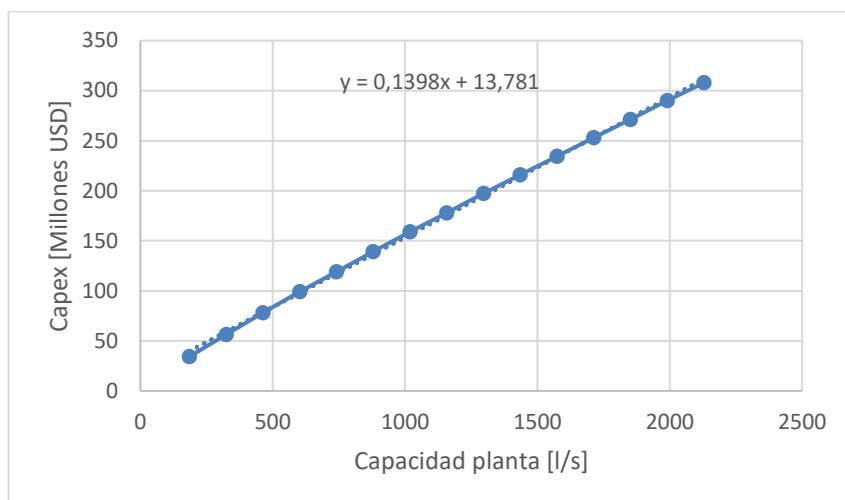


Figura 6: Costo total de inversión de una planta desalinizadora según su producción de agua fresca en m³.

A partir de la figura 6, no se aprecia la existencia o no de una economía de escala, por lo que a continuación, se muestra el costo medio (El coste medio se define como el costo total dividido por el número de unidades producidas. Es la media del coste de cada unidad producida. (Roldán, sin fecha)) de CAPEX de una planta, por cada litro por segundo capaz de producir.

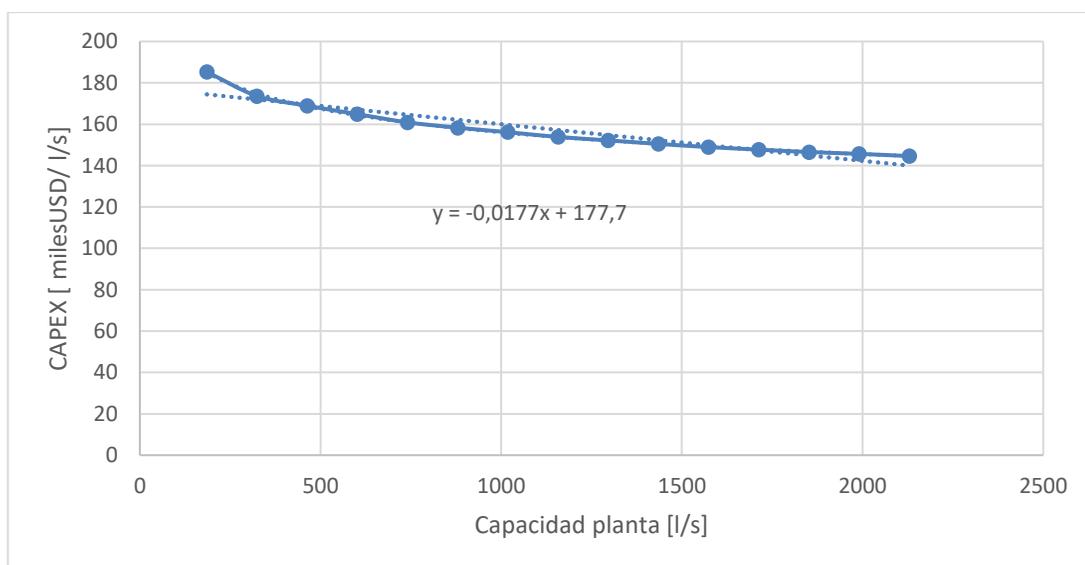


Figura 7: Costo medio de inversión de infraestructura de una planta según su capacidad de producción en m³

Observando la figura 7, resulta que la variación de costos es casi lineal para los costos medios de inversión para una planta desalinizadora y el costo medio de inversión para una planta desalinizadora viene dada por la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Costo medio de inversión para una planta desalinizadora.

$$\text{Costo de inversion [Millones USD]} = 0,1398x + 13,781$$

Donde, x corresponde a la capacidad de producción de la planta en l/s.

2.1.2 Costos de operación

Los costos de operación calculados consideran la operación y mantenimiento, el cual es mostrado más adelante.

Para el cálculo de los costos medios de operación son considerados los mismos supuestos que la tabla 2, obteniendo los siguientes resultados:

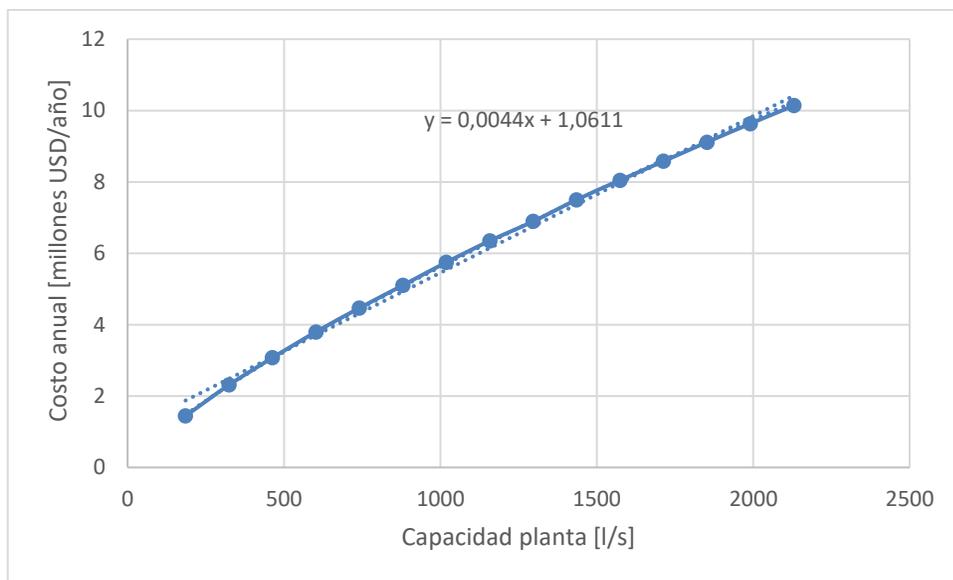


Figura 8: Costo total de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora según su producción de agua fresca en l/s.

En la figura 8, se aprecia una economía de escala muy poco pronunciada, casi lineal al igual que en el caso del CAPEX, de igual manera se muestran los costos medios de operación de una planta según su capacidad de producción:

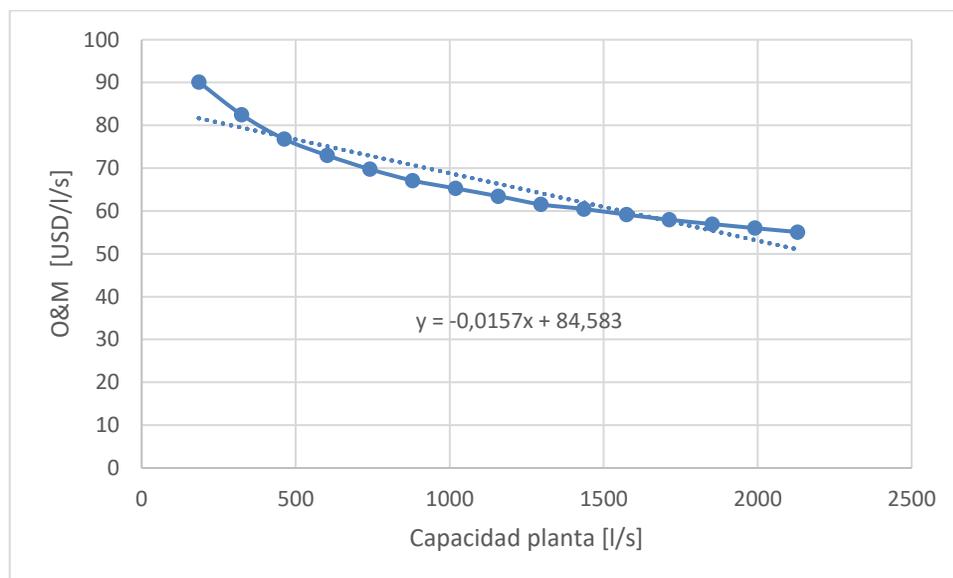


Figura 9: Costo medio de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora según su capacidad en l/s.

Y a partir de la figura 9, se observa lo mencionado con anterioridad a partir de la figura 8. El costo de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora viene dado por:

Ecuación 2: Costo de operación y mantenimiento de una planta desalinizadora.

$$\text{Costo de operación y mantenimiento} \left[\frac{\text{Millones USD}}{\text{año}} \right] = 0,0044x + 1,0611$$

Donde x corresponde a la capacidad de desalinización de la planta en l/s.

2.2 Sistema de transporte

El costo se calcula con el modelo dado por (Marchionni *et al.*, 2015), calculando a partir del diámetro de tubería. Se asume un valor típico de transporte igual a 1,5 m/s (Ihle y Kracht, 2018) y que los diámetros calculados existen en el mercado.

Para el cálculo del costo de inversión se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Costo de construcción de sistema de transporte en función del diámetro nominal de la tubería.

$$\text{Costo} = -885,8 + 2,05ND - 0,00053 ND^2 \text{ (Marchionni et al., 2015)}$$

Donde:

ND = Diámetro nominal de la tubería en [mm].

$Costo = \text{Costo de construcción en } [€/m]$

La ecuación 3 es válida desde los 600 mm hasta los 1200 mm de diámetro nominal de tubería, es decir; 0,6 a 1,2 metros de diámetro.

Utilizando ahora la ecuación 4, utilizando un diámetro nominal de 1,2 [m], se obtiene el área transversal de la tubería límite en el cual el modelo de costos utilizado es válido.

Ecuación 4: Área transversal de una tubería.

$$\text{Área} = \pi * \frac{DN^2}{4}$$

Donde:

$\text{Área} = \text{Área transversal de la tubería en } [m^2]$

Luego, con el valor de área calculado anteriormente y asumiendo una velocidad típica de transporte se utiliza la ecuación 5, donde se despeja el caudal máximo, obteniendo como resultado que el modelo de costos es válido hasta los 1700 l/s, bajo el supuesto de velocidad mencionado.

Ecuación 5:

$$Q = 1000 * v * A$$

Donde:

$Q = \text{Corresponde al caudal de transporte expresado en } [l/s]$

$v = \text{Velocidad de transporte expresada en } m/s$, para todos los casos; fijada en 1,5 [m/s].

$A = \text{Área transversal de la tubería, en } [m^2]$

Luego para cada caudal de transporte, se calcula un área requerida utilizando la ecuación 4. A partir del área se obtiene el diámetro requerido de tubería utilizando la ecuación 5.

Teniendo como límite se procede de manera inversa, fijando el caudal de transporte, obteniendo el diámetro de tubería que se requiere para transportar a una velocidad de 1,5 m/s.

Para finalmente, utilizar los diámetros como variable en la ecuación n° 3, donde se obtiene el costo por metro en euros. Y, haciendo la conversión de Euros a Dólares, dada por la conversión del día 6 de enero del 2021 de $1_{€} = 1,222_{USD}$ (Nacionales, 2021), se tiene la relación entre distintos caudales expresados en l/s y USD/ metro de construcción de tubería.

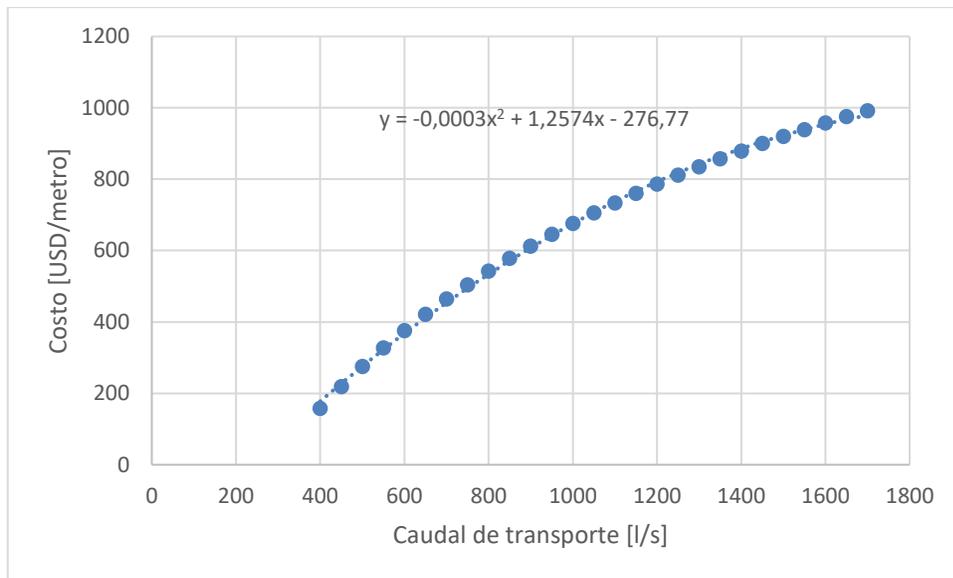


Figura 10: Costo por metro de construcción de transporte.

De la figura 10, al igual que en los puntos anteriores, se logra observar una economía de escala de manera clara. A continuación, se muestran los costos medios por cada l/s que se requiera transportar, resultando lo siguiente.

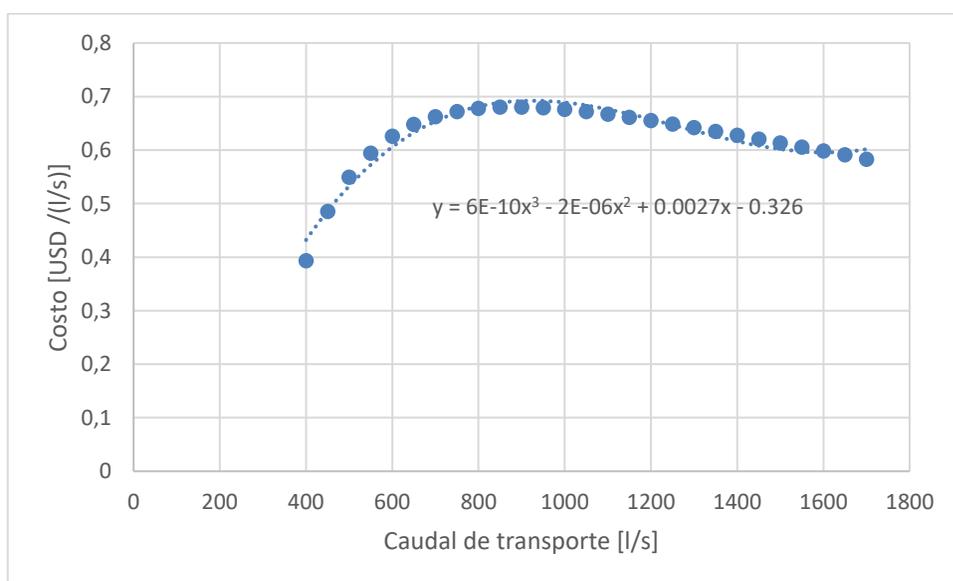


Figura 11: Costo medio por metro de construcción del sistema de transporte.

En la figura 11, se observa que el costo aumenta hasta aproximadamente los 850 l/s aproximadamente, luego la variación que se tiene es muy pequeña. Finalmente se tiene como resultado una ecuación que representa el costo de construcción para el sistema de transporte:

Ecuación 4: Costo medio de construcción del sistema de transporte por l/s.

$$Costo = -0,0003x^2 + 1,2574x - 276,77$$

Donde:

x = Caudal de transporte expresado en [l/s].

$Costo$ = Costo medio de construcción del sistema de transporte en [USD/m]

De la figura 11, se observa que el costo por metro de construcción aumenta en menor medida, en cuanto aumenta el caudal de transporte, lo que se comprueba que disminuye el costo medio de la construcción del sistema de transporte a partir del transporte de 800 l/s aproximadamente.

2.3 Costos de energía

El cálculo de costo energético para el sistema de desalinización es en base al modelo de consumo propuesto por de Voutchkov (2019), en base a la temperatura del mar, que en Chile es de 17°C (SHOA, 2020), lo que corresponde a un consumo de 3,3 kWh/m³. El consumo energético e impulsión de agua son obtenidos gráficamente a partir de “Ihle y Kracht, 2018” para el transporte de agua a una distancia de 200 km, 100 km y 50 km, a una altura de 2500 m. Finalmente tomando un valor de 45,501 USD/MWh en promedio año 2019 (Coordinador Eléctrico Nacional, sin fecha) son calculados los costos finales que se muestran a continuación, para el caso del consumo energético, no se muestra gráficamente, ya que la variación es lineal según los m³ de agua producida:

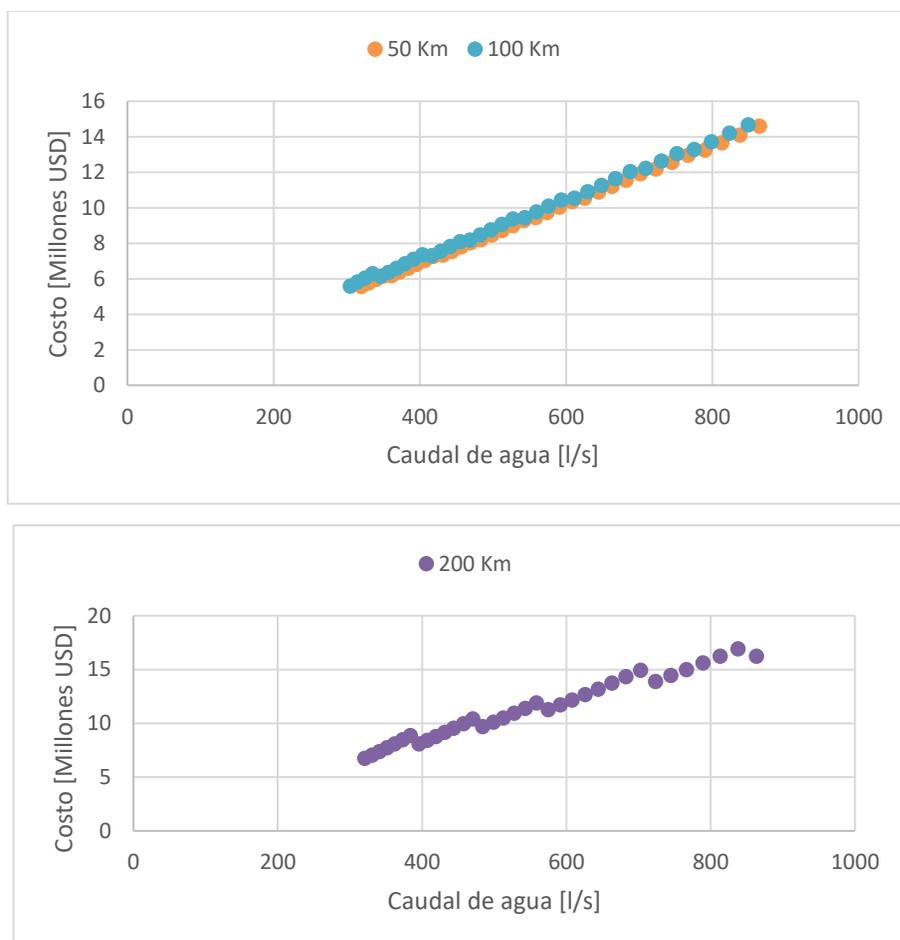


Figura 12 Costo total por consumo energético por desalinización y transporte de agua.

De la figura 12, se observa un aumento en el costo de transporte de agua por concepto de consumo energético, su forma escalonada es debido al cambio en el diámetro de la tubería que transporta el agua.

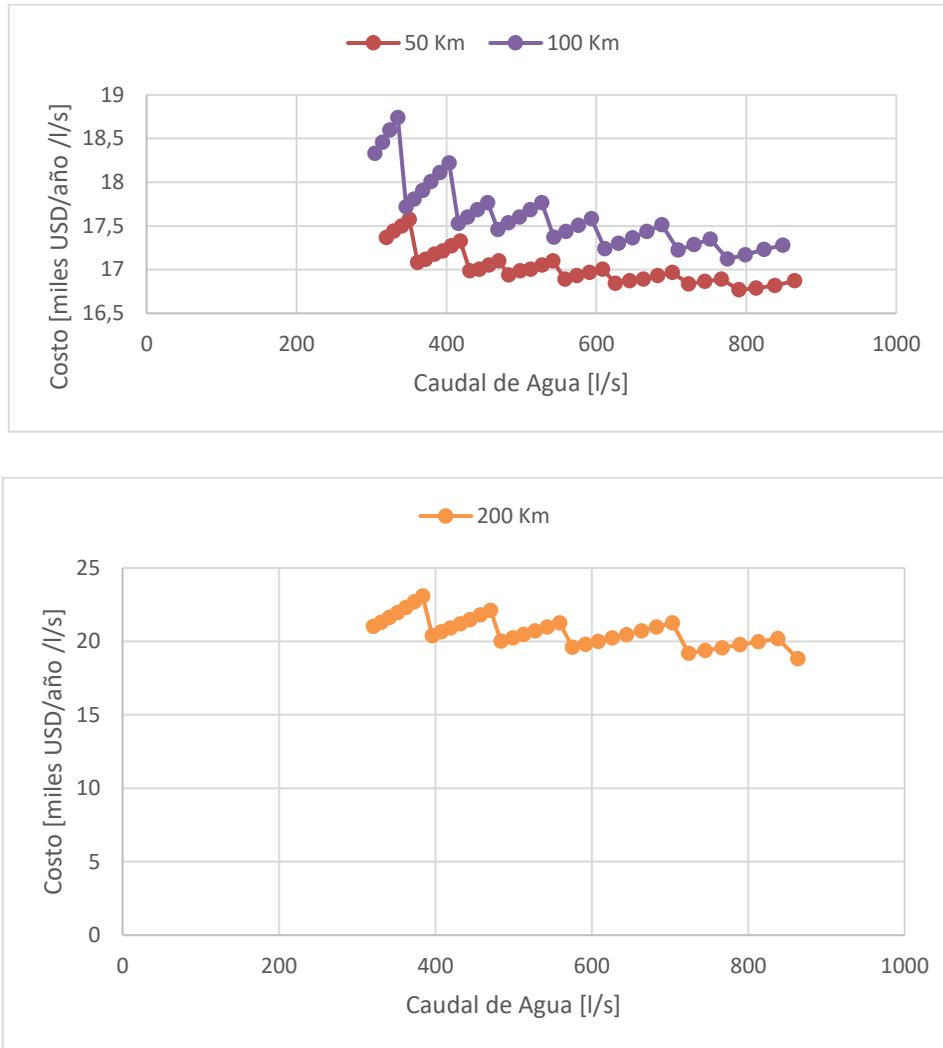


Figura 13: Costo medio de transporte de agua para.

A partir de la figura 13, se observa principalmente que el costo medio por consumo energético para el transporte y desalinización en conjunto disminuye a mayor volumen de transporte.

2.4 Resumen costos de sistema de desalinización y transporte, y escenarios

A modo de resumen y para evidenciar la diferencia de costos medios que se presentan según las diferentes capacidades de producción de agua y transporte, se utilizan 3 escenarios de producción y transporte de agua. Estos escenarios serán desalinizar y transportar a la planta minera 500, 1000 y 2000 l/s, que es

equivalente a procesar 83, 166 y 332 kilotoneladas de mineral de cobre por día respectivamente.

Para los distintos costos medios presentados a continuación son utilizadas las ecuaciones 1,2 y 6.

Los modelos de costo de inversión de para una planta; y de operación y mantenimiento abarcan la cantidad de agua de los escenarios propuestos, sin embargo y como se mencionó, el modelo para el costo de la construcción del sistema de transporte tiene validez desde los 450 l/s hasta los 1700 l/s, por lo que para la alternativa de 2000 l/s se considera una tubería capaz de transportar 1550 l/s, más una que transporte los 450 l/s restantes en virtud de los datos que se tienen, y por consiguiente el costo de por construcción se suma. Con los supuestos ya mencionados, se llega a que para el transporte de 500 l/s se requiere una tubería de 651 [mm] de diámetro, teniendo un costo por metro de 275,78 [USD/m]. Para el transporte de 1000 l/s se requiere una tubería de 921 [mm] de diámetro, la cual tiene un costo de 675,78 [USD/m]. Y para el transporte de 2000 l/s, se requiere una tubería de 1147 [mm] de diámetro y otra de 618 [mm] de diámetro, teniendo un costo de 1179,76 [USD/m].

A continuación, en la tabla 3 se muestra una recopilación de los distintos criterios de costos en que son evaluadas las 3 alternativas.

Tabla 3: Resumen de costos medios para cada alternativa propuesta.

Alternativa [l/s]	Costo de inversión para una planta [Millones USD]	Costo operación y mantenimiento [Millones USD]	Costo de construcción sistema de transporte de agua de 100 km [Millones USD]
500	83,67	0,78	274,67
1000	156,07	1,28	675,78
2000	291,08	2,11	1179,76

Primero se analizará la tabla 3 comparando la alternativa de 500 l/s con la de 1000 l/s, para suplir una misma cantidad de agua, en costos de inversión es 11 millones de USD más caro el caso de 2 plantas de 500 l/s, en términos de operación y mantenimiento es 0,28 millones de USD más caro el caso de 2 plantas de 500 l/s y en costo de construcción para el sistema de transporte es 126 millones de USD más barato.

Ahora comparando la misma alternativa de 500 l/s con la de 2000 l/s, para suplir una misma cantidad de agua, en costos de inversión es 43 millones de USD más caro 4 plantas de 500 l/s, en términos de costos de operación y mantenimiento, es 3,14 millones de USD más cara las mismas 4 plantas y por último por costo de construcción para el sistema de transporte es 16 millones de USD más barato.

Haciendo la comparación entre la alternativa de 1000 l/s y 2000 l/s, para suplir una misma cantidad de agua, en costos de inversión es 21 millones de USD más caro 2 plantas de 1000 l/s, en términos de costos de operación y mantenimiento, es 0,46 millones de USD más caro 2 plantas de 1000 l/s en comparación a una de 2000 y por último por costo de construcción para el sistema de transporte es 236,87 millones de USD más barato la alternativa de 2000 l/s.

Ahora, se calcula el valor actualizado de costos para cada proyecto, asumiendo una operación de 20 años de cada planta, solo considerando los costos anteriormente mencionados, todos los costos de inversión realizados al comienzo del proyecto y una tasa de descuento de 9,5% se tiene lo siguiente:

Tabla 4: Valor actualizado de Costos para las diferentes alternativas.

Alternativa [l/s]	VAC [Millones USD]
500	365.21
1000	840.65
2000	1489.40

Finalmente, evaluando los costos de manera conjunta, se tiene que el valor de realizar 2 proyectos de 1000 l/s es mayor que solo 1 de 2000 l/s, siendo este último 191,89 millones USD más barato. El desarrollo de 4 proyectos de 500 l/s versus solo uno de 2000 l/s es 28,55 millones de USD más barato, lo que se debe en gran parte a la influencia del costo de construcción del sistema de transporte.

2.5 Presentación y análisis de resultados

Bajo los distintos criterios utilizados para realizar la evaluación económica, tales como costos de inversión, operación y mantenimiento; para una planta desalinizadora, en el caso del costo por infraestructura del sistema de transporte, este tiene un costo máximo según la capacidad de transporte a los 850 l/s aproximadamente, para luego volver a disminuir sus costos a medida que aumenta la capacidad de transporte, por lo que la economía de escala según el modelo utilizado es dependiente de la cantidad de agua de transporte que se requiera.

El costo energético para la desalinización depende de las condiciones de operación, no así del tamaño de la planta, por lo que la oportunidad de ahorro de energía, y por ende de dinero, está en los sistemas de transporte de agua. Como se observa en la sección 3.3, hay una reducción de costos medios por consumo de energía a medida que se aumenta el caudal de transporte y el tamaño de la tubería.

2.6 Conclusiones

De acuerdo con los resultados del análisis y a partir de los modelos utilizados, no se observa un incentivo económico en sistemas individuales en lo que tiene que ver con la instalación y funcionamiento de plantas desalinizadoras, así como en la construcción de sistemas de transporte. Sin embargo, si se observa una economía de escala en el costo por concepto de energía. Por lo que la implementación de este sistema multiusuarios es una oportunidad para la optimización de recursos energéticos para la desalinización.

CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN SOCIOAMBIENTAL

Ahora, es necesario evaluar cómo se comporta el desarrollo de la desalinización y sistemas de transporte con el medio ambiente. Y también como se ha desarrollado socialmente, tomando como ejemplo la experiencia de la comuna de Caldera.

El principal desecho de la desalinización es la salmuera, la cual es agua de mar muy concentrada que causa perjuicios al medioambiente de debido alta salinidad y múltiples contaminantes como metales pesados, etc. (Katal *et al.*, 2020). A continuación, se revisarán los múltiples contaminantes de la desalinización y sistemas de transporte que se encuentran desde el inicio del proceso con las tomas de agua, hasta el descarte con la salmuera, incluyendo también la fase de construcción de las instalaciones.

Desde el punto de vista social son variadas las temáticas que influyen sobre las comunidades que se encuentran cercanas a las instalaciones de una planta desalinizadora o un sistema de transporte tanto positiva como negativamente.

3.1 Impactos Ambientales.

3.1.1. Salmuera.

Como ya se mencionó, es el principal contaminante, asociado a la desalinización, el cual puede estar compuesto de distintos elementos, los cuales dependen del agua de alimentación al proceso de desalinización, así como diferentes elementos que son agregados en las distintas etapas de la purificación de agua.

La tecnología predominante a nivel mundial es la osmosis inversa, la que tiene una eficiencia de aproximadamente un 50% en los mejores casos, es decir, que por cada 2 litros de agua de mar que entran al proceso se produce un litro de agua desalinizada y un litro de salmuera de descarte, la que generalmente es arrojada de vuelta al mar (Voutchkov, 2018).

La salinidad de la osmosis inversa puede variar entre 65 g/L y 85 g/L típicamente, para procesos de destilación puede llegar hasta 75 g/L (Bazargan (Editor), 2018), en contraste con la del Océano Pacífico (Aedyr, sin fecha). La vida marina se puede ver fuertemente afectada por la salinidad, por ejemplo, fueron estudiados embriones de calamares del golfo Spencer en el sur de Australia, en donde las crías se vieron reducidas en tamaño y peso teniendo una variación en la concentración de sales, de 39 a 45 ppm (partes por millón), no sobreviviendo ninguno sobre 50 ppm. Otro estudio muestra que, en zonas cercanas a la descarga, la población de plancton, equinodermos y epifauna se vió reducida, atribuyéndole la causa el cobre contenido en la salmuera, que también puede contener metales pesados (Katal *et al.*, 2020). Diversos estudios hechos a algas marinas mostraron muerte, y alta reducción en la población variando concentración de 38 g/L a 45 g/L, a los 50 g/L no sobrevivió ningún alga (Roberts, Johnston y Knott, 2010).

La temperatura a la que es descargada la salmuera, propia de los procesos termales de desalinización, está por sobre la temperatura del agua receptora, como ocurre en el caso de la desalinización MSF en el medio oriente, donde usualmente descargan agua entre 10°C y 15°C mayor, no así por osmosis inversa donde se descarga agua no mayor a 1°C por sobre el ambiente receptor.

En Australia se han estudiado plantas multipropósito, de energía y desalación donde se ha visto que se eleva entre 0,1°C y 0,5°C el ambiente de descarga en un radio de 7 Km².

Un aumento de temperatura en mar puede tener una gran variedad de efectos adversos como una reducción de población de algas, una migración de organismos en búsqueda de aguas más frías o el deterioro de corales, donde se perjudica a todas las especies que dependen de la presencia de estos (Fernández, 2019).

Si bien se tiene conocimiento sobre los impactos que generan por los distintos factores contaminantes de la salmuera, aún limitadas investigaciones se han hecho para estimar el impacto que genera en los ecosistemas costeros adyacentes (Frank *et al.*, 2019).

Por otra parte, se encuentran en investigación y desarrollo nuevas tecnologías que permitirían una eliminación o mitigación de impactos, como el caso de la desalinización sin la descarga de líquido (Giraldo, 2020) y aprovechamiento en las sales contenidas en la salmuera de descarte como la producción de hidróxido de sodio (García de Durango, 2019), o la recuperación de metales que se usualmente se encuentran en el agua de mar (Morillo *et al.*, 2014) y por último el uso de difusores que permiten una dilución que se complementan con el lugar donde se haga la descarga. En una bahía cerrada hay menores posibilidades de disipación (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2017).

3.1.2 Consumo energético.

La energía que se utiliza en el proceso de desalinización y transporte de agua tiene una fuente basada en combustibles fósiles e independiente de la fuente que tenga un consumo más eficiente de energía es mejor. En Chile aproximadamente el 50 % de la matriz energética del SEN (sistema eléctrico nacional) está conformada por combustibles fósiles, tales como gas natural, carbón y petróleo diesel, Las emisiones promedio del año 2019 fueron de 0,4056 [tCO₂eq/MWh] (Tonelada de CO₂ equivalente, por Mega watt hora (Comisión Nacional de Energía, 2019). Comparando las 3 alternativas propuestas en mostradas en la sección 3.4 el consumo energético por el transporte de agua de 2000, 1000 y 500 l/s de manera horizontal por 100 km se tiene:

Tabla 5: Consumo energético y emisiones de CO2 equivalente para cada alternativa.

Caudal [l/s]	MWh/año	tCO ₂ eq	tCO ₂ eq/l/s
2000	22172.69	8993.24	4.50
1000	11751.25	4766.31	4.77
500	8627.79	3499.43	7.00

En la tabla 5, se muestra que el consumo energético medio disminuye a medida que aumenta el caudal de transporte, debido al aumento del diámetro de la tubería que se usa, siendo más notoria la diferencia entre 500 y 1000 l/s, por efecto de la configuración de tuberías elegidas en la sección 3.3.

3.1.3 Tomas de agua.

La alimentación de agua a la planta desaladora tiene potenciales efectos negativos, en lo que se refiere a organismos vivos, los cuales quedan atrapados en la malla de filtración a la planta, por ejemplo, peces, por la presión que succiona el agua, también hay organismos que en la succión de agua pasan a través de la malla, como larvas y huevos, los cuales son destruidos en los procesos mismos de la planta. El impacto va a depender del diseño mismo de la toma de agua, y de los lugares de donde se capte agua en el mar (Hogan, 2015). Por ejemplo, estudios de succión de agua 2 centrales nucleares en estados unidos muestran que por ejemplo Diablo Canyon absorbe en promedio 1,8 billones de larvas de peces, y 400 peces mayores, y la central San Onofre 5,6 billones de larvas de peces y 3,5 millones de peces, la diferencia se debe a condiciones locales, diseño de tomas de agua (McClary *et al* 2013 citado por Cooley, Ajami y Heberger, 2013)

3.1.4 Uso de suelos y perturbación de la zona

La instalación tanto de plantas desalinizadoras como sistemas de transporte, son construcciones que se ubicarán por largo tiempo en un lugar, alrededor de 20 años o más. Requieren de grandes porciones de terreno, que se degradan biológicamente por el desplazamiento de las especies que habitan el lugar, y la remoción de otras como ocurre en el caso de árboles, arbustos y plantas, sumándose la pérdida de la calidad del suelo para albergar estas especies por la introducción de materiales como el concreto (Cotler *et al.*, 2007). Por otra parte, se ve afectado físicamente por la compactación, movimiento de tierras y excavaciones que se realizan.

El uso de suelos en la realización de un proyecto tiene un impacto en el paisaje, el que esta valorizado según sus atributos biofísicos que comprenden flora, fauna, relieve suelo y agua; atributos estéticos que comprende forma, color y textura y atributos estructurales que abarcan la singularidad y diversidad del paisaje (Servicio de Evaluación Ambiental, 2019).

La perturbación que genera la instalación de un sistema de transporte abarca todo el largo y ancho de la instalación de tuberías, bombas estaciones de monitoreo, etc. Una planta desalinizadora tiene un impacto dependiendo del tamaño, a continuación, se muestran las dimensiones que necesita una planta desalinizadora:

Tabla 6: Requerimientos para la instalación de una planta desalinizadora.

Capacidad de la planta		Requerimientos típicos de terreno	
m ³ /día	L/s	rango [m ²]	Promedio [m ²]
1.000	11,6	800-1.600	1.200
5.000	57,9	2.000- 3.200	2.600
10.000	115,7	4.500-6.100	5.300
20.000	231,5	10.100-14.200	12.150
40.000	463,0	18.200-24.300	21.250
80.000	925,9	22.200-30.500	26.350
100.000	1157,4	26.300-34.400	30.350
150.000	1736,1	33.000-42.000	37.500
200.000	2314,8	36.400-48.600	42.500
300.000	3472,2	58.700-83.000	70.850
400.000	4629,6	81.000-100.000	90.500

Fuente: (Voutchkov, 2018)

Analizando la tabla 6, se tiene que en promedio 5 plantas capaces de producir 1000 m³/día requieren 3400 m² más de terreno que solo una que produzca la misma cantidad de agua, pero no así en el caso de 2 plantas de 200.000 m³/día en comparación con una de 400.000 m³/día, ya que se requieren 7.500 m² más de terreno para la segunda opción. Por lo que es relativo en cuanto al diseño de cada una de las plantas.

3.1.5 Calidad del aire y ruidos.

Se asocia al movimiento de tierras, excavaciones, tránsito de vehículos por caminos no pavimentados y uso de maquinarias, provocando que aumente el material particulado y las emisiones de gases de combustión. Impactos que van a permanecer durante toda la fase de construcción variable dependiendo de las etapas del proyecto.

3.2 Análisis social

En este análisis se pretende mapear las diferentes temáticas que influyen en la sociedad, en particular en las comunidades que habitan en las cercanías de los

proyectos de plantas desalinizadoras, o sistemas de transporte, y describir cómo influye en ellos las temáticas que se identifican.

3.2.1 Acceso al agua

La instalación de una planta desalinizadora y un sistema de transporte de agua, hace que diferentes comunidades se puedan ver beneficiadas ya que tienen un mejor acceso al agua para su consumo y saneamiento lo que mejora sus condiciones de vida, por otra parte también permite el desarrollo de actividades económicas como la instalación de servicios gastronómicos (El diario de Los Vilos, 2020).

3.2.2 Pescadores artesanales

Se ven afectados por el funcionamiento de las plantas desalinizadoras. El territorio de pesca artesanal contempla la primera milla marítima desde el norte del país hasta Chiloé (SUBPESCA, 2020). La descarga de salmuera se hace dentro de esta área, como, por ejemplo, el caso del proyecto “Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral” cuya disposición espacial se muestra a continuación, donde se observa que la descarga de agua ocurre en los primeros 400 metros desde la línea de la costa.

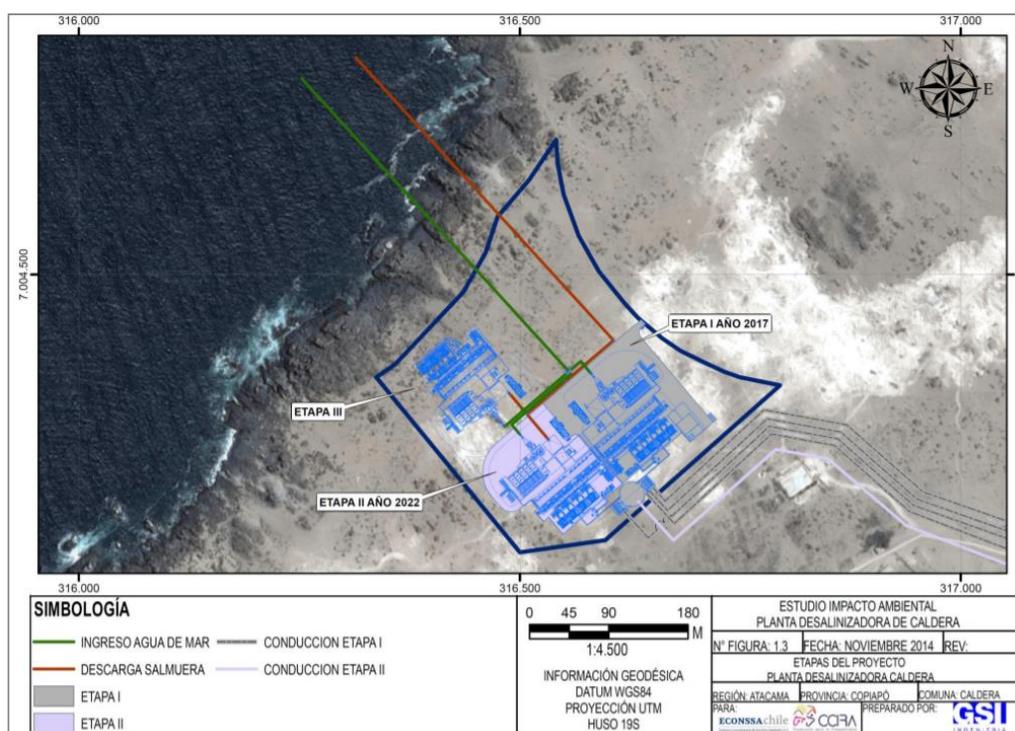


Figura 14 Disposición espacial proyecto: “Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral”

Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental, 2014

El mismo proyecto mencionado, el impacto sobre el medio ambiente marino se califica como “no significativo”, ya que se trata de un impacto local que considera por ejemplo, un área de influencia de 14 metros desde la descarga de salmuera, por lo que opta por tomar medidas de control durante la operación midiendo la biota marina, mientras se encuentre en operación también el proyecto de “Planta Desalinizadora Minera Candelaria”, una vez deja de operar la planta, la medida de control deja implementarse, la zona de impacto se muestra en la figura 13.

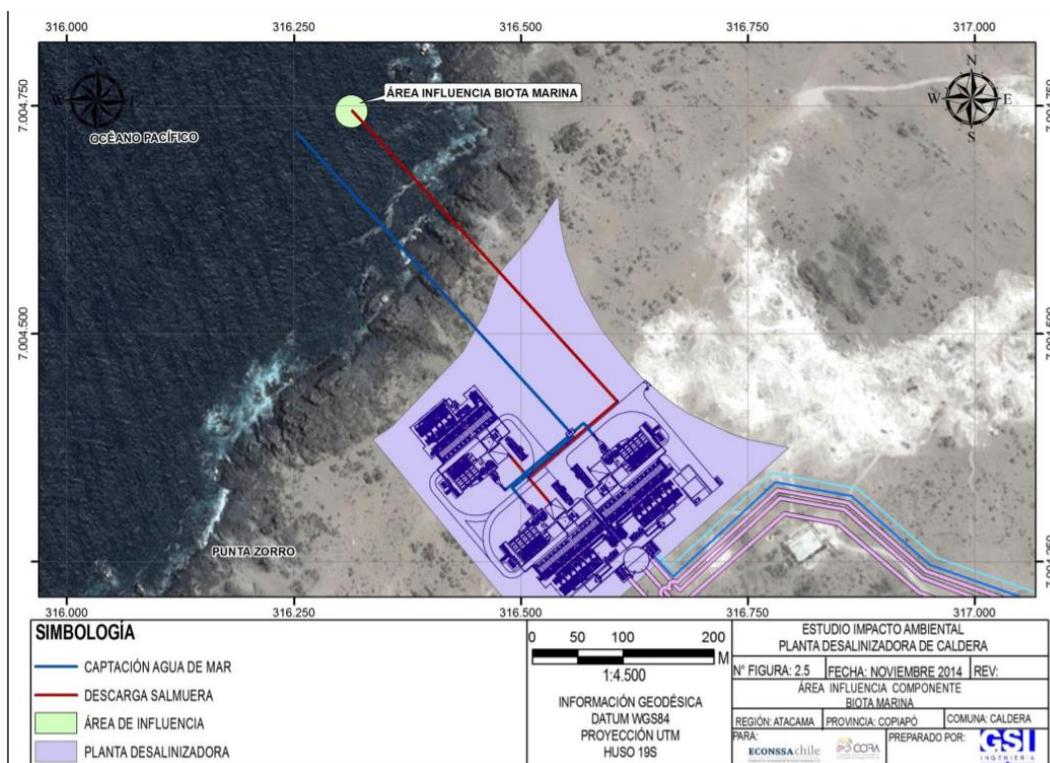


Figura 15: Área de influencia de la biota marina

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, 2014)

Por otra parte, también se muestra el área de influencia de la descarga de salmuera para la planta desalinizadora “ENAPAC”, ubicada en la misma comuna de Caldera, alcanza una dispersión de la salmuera a los 6 metros desde la descarga alcanzando una salinidad 5% mayor a la basal de la zona. Considera un área de influencia dentro del medioambiente marino como se muestra en la Figura 14, donde adoptan medidas de mitigación durante la construcción de las instalaciones marítimas, donde se procederá a identificar comunidades bentónicas que formen un banco natural, luego, a buscar un área de similares características fuera de la zona de influencia, formando un nuevo banco natural que tenga la riqueza y abundancia del o los bancos identificados haciendo traslado de especies. De no ser posible el traslado, se procederá al “cultivo” y posterior introducción de especies para enriquecer la nueva área seleccionada.

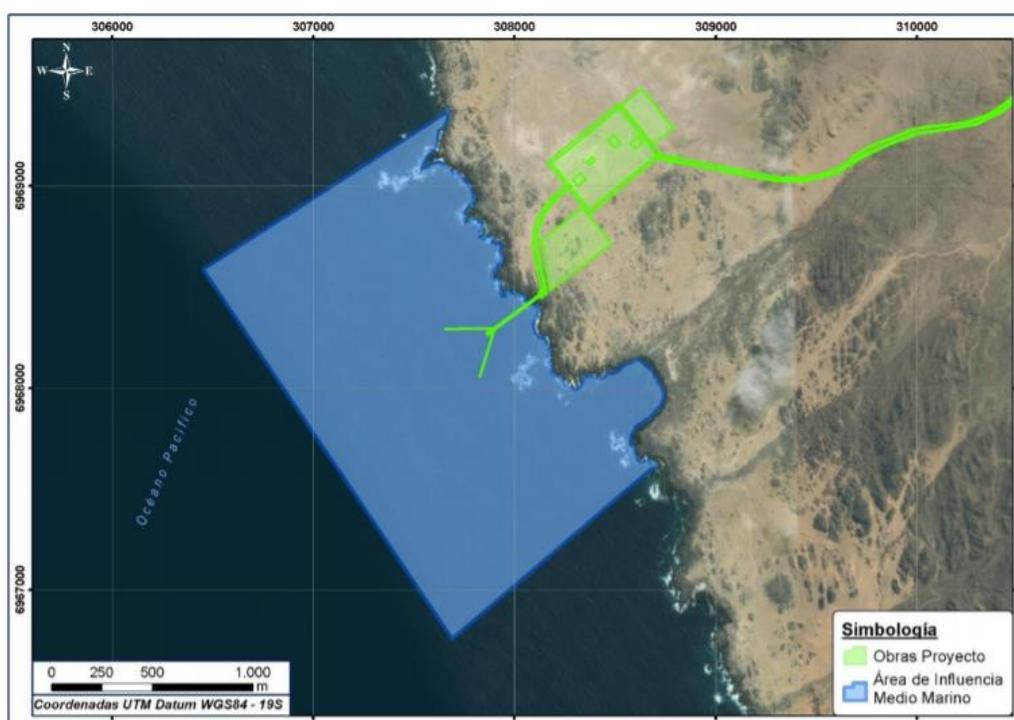


Figura 16: Área de influencia medio físico y ecosistemas marinos proyecto “ENAPAC”

Fuente: (Servicio de Evaluación Ambiental, 2017)

3.2.3 Actividades turísticas

El turismo se ve principalmente afectado desde el inicio de la construcción del proyecto, ya que el paisaje se ve modificado, el acceso al lugar donde se encuentran las instalaciones se ve restringido, la contaminación y la pérdida de especies hacen que el territorio sea menos atractivo.

3.2.4 Oportunidad laboral

Durante la fase de construcción y operación de las plantas y sistemas de transporte, surge una oportunidad laboral para la gente, principalmente en las fases de construcción de los proyectos. A modo de ejemplo en la tabla X, se muestra la cantidad de mano de obra promedio para proyectos de desalinización en sus distintas fases.

Tabla 7: Mano de obra promedio para proyectos de desalinización.

Fase	ENAPAC	Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral	Bahía Caldera	Proyecto Planta de Agua Potable Atacama
Construcción	846	210	15	700
Operación	60	15	5	16

Fuente: (SEIA, sin fecha)

3.2.5 Participación ciudadana

La participación ciudadana es obligatoria solo en el caso que el proyecto requiera un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), como se verá en el siguiente capítulo no hay claridad en la realización de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un EIA, lo que provoca una desigualdad de información entre los ejecutores y la comunidad. Por otra parte, en las consultas ciudadanas rescatadas del Servicio de Estudio Ambiental, relatan que no tienen incidencia dentro de la elaboración de los proyectos y que son tardías en su ejecución.

3.2.6 Confianza en el sistema

Como se lee en las consultas ciudadanas del punto 9.1, por ejemplo, para el proyecto "Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral", no se tienen en consideración atractivos turísticos pertenecientes a la zona realizados por la Universidad Andrés Bello (UNAB, 2010), según relata la O.N.G. Atacama Limpia, de igual manera no se reportan todas las especies observables en la zona. En el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "PROYECTO PLANTA DE AGUA POTABLE ATACAMA" presentado el año 2013 al servicio de evaluación ambiental, en la sección medio marino, solo se reporta la especie de lobo marino dentro de los mamíferos, no señalando ni a delfines ni ballenas, organismos que son reportados en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Planta Desalinizadora Minera Candelaria", presentado el año 2010 (ARCADIS, 2010). Entre otros problemas que generan una desconfianza en el sistema por parte de la comunidad en las líneas base y por ende en posibles impactos, toma de medidas y fiscalización, ya que se pasan por alto elementos que se deberían considerar.

3.3 Presentación y análisis de resultados

El impacto medioambiental se puede ver disminuido al implementar sistemas multiusuario. Se identifica la oportunidad implementada la modalidad en los sistemas de transporte de agua ya que se utiliza de manera más eficiente, lo que significa una menor cantidad de emisiones y en cualquier caso es un ahorro de energía. Y también en el uso y perturbación de suelos, interviniendo una menor área al instalar sistemas compartidos, ya que se instalan menos "líneas" de tuberías que transporten agua a diferentes sectores, sujeto a la planificación que se haga.

Los impactos que tienen que ver con la descarga de salmuera y tomas de agua a priori no se ven disminuidos ni aumentados por la implementación de sistemas multiusuarios, ya que para una mayor cantidad de agua desalinizada se requiere una mayor cantidad de agua de mar, lo que genera una mayor cantidad de desechos, es importante mencionar también que la falta de investigación del impacto de la salmuera genera incertidumbre que debe ser considerada en la elaboración de proyectos y que debe superarse mundialmente y particularmente en Chile.

En cuanto a impactos medioambientales se refiere, existe una importante oportunidad en la disminución de estos, en el uso de nuevas y mejores tecnologías, que pueden hacer más eficientes los procesos de recuperación de agua, dando utilidad a la salmuera de descarte, etc.

Desde la perspectiva social son muy positivos e importantes los beneficios que puede traer la desalinización, principalmente el acceso al agua que conlleva a una mejor calidad de vida y el desarrollo de actividades económicas que conlleva a también la creación de empleos para comunidades por estas actividades económicas o en la construcción u operación de una planta, y la sociedad en general al abastecer algún tipo de industria necesaria para el desarrollo del país, por ejemplo.

Por otra parte, tiene consigo impactos negativos que influyen directamente en la comunidad, como el deterioro de la pesca artesanal por la contaminación ambiental y el turismo por el deterioro en el paisaje.

También existen otras problemáticas que se relacionan con la instalación de plantas y sistemas de transporte y su relación con las comunidades, que son la participación de la comunidad en los proyectos, no teniendo influencia en la elección de la ubicación, por ejemplo, para verse menos afectados. Y problemas con el sistema de evaluación ambiental donde se observan inconsistencias entre estudios de impacto ambiental hechos en la misma zona, que a su vez genera incertidumbre en la población sobre el real impacto que tiene la elaboración de proyectos y desconfianza por estas inconsistencias.

En síntesis, se identifican oportunidades, impactos e incertidumbres de este capítulo.

Oportunidades:

- Utilización de sistemas integrados, optimizando recursos como energía y suelos para disminuir el impacto ambiental.

- Utilización de tecnologías nuevas, mejores y más eficientes con el fin de disminuir el impacto ambiental.
- Acceso al agua, mejor calidad de vida y desarrollo de actividades económicas en comunidades.

Impactos:

- Deterioro del medioambiente por salmuera, tomas de agua, uso de suelos, ruidos y consumo energético.
- Desmedro de actividades económicas de las comunidades como turismo y pesca.

Incertidumbres:

- Impacto real de la desalinización en el medio ambiente costero chileno, en magnitud, escala de tiempo.
- Criterio de procedimientos para la realización de líneas base, determinación de área de influencia, medidas de mitigación.
- Influencia de la participación ciudadana en la elaboración de proyectos.
- Cantidad y calidad de la información de la gente con respecto a los proyectos.

3.4 Conclusiones

Existen oportunidades en la implementación de sistemas multiusuarios en lo que tiene que ver con disminución de impactos ambientales, sin embargo, otros no se ven disminuidos por esta modalidad, como pasa con la salmuera y tomas de agua, es necesario destacar que no se tiene una total certeza sobre el impacto que genera la desalinización sobre el medio ambiente costero. Es aquí donde el desarrollo e implementación de nuevas y mejores tecnologías puede jugar un rol importante en la reducción o mitigación de éstos.

La desalinización y sistemas de transporte de agua ayudan al desarrollo de actividades económicas y el desarrollo de comunidades. Éstas últimas se pueden ver beneficiadas por el abastecimiento de agua y a su vez perjudicadas por la instalación de estos proyectos dependiendo de la actividad que realicen, junto con esto hay problemas de confianza e información por parte de las comunidades hacia estos proyectos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL MARCO REGULATORIO CHILENO

La finalidad de este capítulo es detectar posibles barreras legales en cuanto a la implementación de sistemas multiusuarios, o en su defecto algún incentivo. Y también detectar posibles problemas que se tengan con el desarrollo de la desalinización y sistemas de transporte de manera general, independiente de la escala de éstos.

El análisis del marco regulatorio será dividido en 4 partes. En primer lugar, procederemos al estudio de la propiedad del agua desalada. Segundo los títulos jurídicos habilitantes necesarios para la instalación de una planta desalinizadora y desalinizar. Tercero, los distintos proyectos de ley a la fecha de esta memoria que se refieren a la desalinización. Y cuarto, las instituciones que tienen que ver con la administración del agua y desalinización.

4.1 Dominio del agua desalinizada

Para comenzar, “Las aguas”, hacen referencia el mismo elemento, sin importar si sean de mar o terrestres; así lo establece el código de aguas cuando declara: *“Las aguas se dividen en marítimas y terrestres (...)”*. La principal fuente de agua desalinizada (agua de mar) es un bien nacional de uso público, como lo señala el Artículo 5 del código de aguas, que dice: *“Las aguas son bienes nacionales de uso público (...)”*, y también el artículo 595 de código civil que declara: *“Todas las aguas son bienes nacionales de uso público”*.

El ser un bien nacional de uso público, implica que el dominio sobre el bien pertenece a la nación toda (Artículo 587, Código civil), es decir, su uso pertenece a la nación entera, dentro de los límites que dispongan la constitución, leyes y normas (Plaza Reveco, 2017). Por el hecho de ser un bien nacional de uso público no puede adquirirse libremente, como lo indica la Constitución Política de la República de Chile en su artículo 10, n° 23: *“La libertad para adquirir el dominio de toda clase de bienes, excepto aquellos que la naturaleza ha hecho comunes a todos los hombres o que deban pertenecer a la Nación toda y la ley lo declare así”*. Sin embargo, bajo los permisos pertinentes, se puede hacer uso y goce del agua de mar, es decir, adquirir derechos y contraer obligaciones, en específico, obteniendo una concesión marítima. Las aguas marítimas no están sujetas a derechos de aprovechamiento de aguas, ya que no son regidas por el código de aguas, como indica él mismo en su primer artículo, y se encuentran reguladas

bajo la Ley de Concesiones Marítimas (Decreto con Fuerza de Ley (DFL) N°340 de 1960) y el Reglamento de Concesiones Marítimas (Decreto Supremo (DS) N°9 de 2018).

Una concesión marítima, permite el aprovechamiento de porciones de agua de mar, para cualquier fin, siendo el uso consuntivo de agua de mar un fin legítimo (Plaza Reveco, 2017), se debe mencionar que, aunque esté concesionada el agua de mar, no pierde la calidad de bien nacional de uso público.

Ya cuando el agua está desalinizada, la propiedad de ésta está sujeta a interpretaciones de la ley. Por una parte, como menciona Plaza (2017), el agua desalinizada es un “fruto natural”, es decir, que se obtiene espontáneamente por la acción de la naturaleza, y que ocurre a través de un proceso natural como lo es el ciclo del agua; y según el artículo 644 del código civil puede ser por la acción de la naturaleza como también por la ayuda de la industria de hombre. Por lo tanto, el agua desalinizada, así como la salmuera de descarte, son bienes nacionales de uso público igualmente.

Por otra parte, el agua desalada es la transformación de agua de mar, le da un valor agregado. El artículo 662 del código civil lo menciona como una forma especial de accesión, que es la especificación la cual, (...) *se verifica cuando de la materia perteneciente a una persona, hace otra persona una obra o artefacto cualquiera, como si de uvas ajenas se hace vino, o de plata ajena una copa, o de madera ajena una nave....* En concordancia es señalado también (...) *De este modo, la producción de agua desalada seguiría un curso similar al aprovechamiento de otros bienes naturales, como los bienes mineros, donde el especificante pasa a adquirir por sus labores(...)* (Harris, 2015).

La incerteza que hay con respecto a la propiedad del agua, nace por la poca o inexistente claridad de la ley en cuanto al tema.

4.2 Títulos habilitantes para la desalinización y sistema de transporte

4.2.1 Concesiones marítimas

Como fue mencionado anteriormente, el primer título habilitante para la instalación de una planta desalinizadora es la concesión marítima, una concesión sobre un bien nacional de uso público ser definida como: *“Acto administrativo mediante el cual, un órgano de la Administración del Estado, entrega a un particular un derecho individual, especial y exclusivo de aprovechamiento sobre parte de un bien nacional de uso público. Conservando la administración del*

estado, en todo caso, la facultad de poner término a la concesión por la concurrencia de alguna causa legal o razones sobrevinientes de interés general, en cualquier tiempo”.

Ahora, en particular, una concesión marítima se define como: *“Acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona derechos de uso y goce, sobre bienes nacionales de uso público o bienes fiscales cuyo control, fiscalización y supervigilancia corresponde al Ministerio, cualquiera sea el uso a que se destine la concesión.”* Según señala el artículo 1° número 12 del Reglamento de Concesiones Marítimas.

Una concesión marítima puede ser solicitada por cualquier persona, ya sea natural o jurídica, empresas, organizaciones y/o servicios públicos.

La solicitud de una concesión marítima debe ser presentada al Ministerio de Defensa como indica el artículo 2° de la ley de concesiones marítimas, el cual declara: *“Es la facultad privativa del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, conceder el uso particular en cualquier forma, de las playas y terrenos de playas fiscales dentro de una faja de 80 metros de ancho medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral; (...)”*

Para la obtención de una concesión marítima, se debe formular una solicitud ante la Capitanía de Puerto correspondiente al territorio donde se realizará el proyecto, que luego debe ser aprobada y otorgada por el Ministerio de Defensa Nacional a través de la Subsecretaría de Fuerzas Armadas.

La manera en que se debe proceder para solicitar una concesión marítima tiene que ser hecha considerando lo dispuesto en las siguientes normas. Artículo 30 de la ley de procedimiento administrativo, con respecto a las solicitudes hechas por un interesado a la Administración del Estado; artículo 3° de la Ley de Concesiones Marítimas y el Título V del Reglamento de Concesiones Marítimas denominado “Procedimiento de solicitudes de concesiones mayores y menores y destinaciones marítimas”.

Teniendo presente estas normas, todo interesado debe incluir en su solicitud el formulario, un plano elaborado con las instrucciones que señale la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, además, los antecedentes exigidos por el reglamento, los cuales son: quien pide la concesión, caracterización de la zona, el objetivo claro y preciso para el que se pide la concesión, planos del proyecto con especificaciones técnicas, un certificado de que el territorio efectivamente pertenece al fisco, si existen otras concesiones de acuicultura otorgadas o el lugar es utilizado por comunidades indígenas, o parques de reservas marinas.

Cumpliendo estos requisitos, la autoridad marítima enviará toda esta información a la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, la que debe examinarlos y resolver al respecto. Este procedimiento termina con una resolución denegatoria o con un decreto aprobatorio, en el caso de aprobarse el decreto debe ser enviado a la Contraloría General de la República para el trámite de toma de razón.

Una concesión marítima otorga un derecho exclusivo sobre una porción de mar, pero puede coexistir con otra concesión en la misma porción de mar cuando éstas no sean excluyentes entre sí. Con respecto a esto, se ha pronunciado la Contraloría General de la República en su dictamen número 34.285 del año 2016 por un requerimiento presentado por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo solicitando un pronunciamiento respecto a que dos concesiones convivan un mismo espacio del borde costero, señalando: *“no se advierte impedimento para que se otorgue una concesión marítima en todo o parte de un sector destinado como área de manejo, en la medida que sus usos sean compatibles (...)”*. En el caso que sean varios los interesados que soliciten una concesión sobre un mismo espacio, ya sea que estas solicitudes tengan la misma finalidad, o éstas sean excluyentes entre sí, se prioriza según el artículo 18 del Reglamento de Concesiones Marítimas: *1) Concordancia con el uso previsto para el área de acuerdo con la Zonificación del Borde Costero que se encuentre vigente. 2) Cumplimiento de los objetivos específicos de la Política Nacional del Uso de Borde Costero o de la Política Regional del Uso del Borde Costero. 3) Mejor satisfacción del interés público.*

Finalmente, es importante señalar que la concesión también considera una garantía a favor del fisco, del 5% del total de las obras construidas dentro de la concesión, con el fin de cubrir los gastos asociados al otorgamiento, así como también para el retiro infraestructura que pudiera quedar instalada dentro del lugar, una vez que se termine la concesión.

4.2.3 Resolución de calificación ambiental para una planta desalinizadora

Una resolución de calificación ambiental (RCA), es un permiso otorgado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), luego de que un proyecto fue sometido a un estudio de impacto ambiental (EIA) o declaración de impacto ambiental (DIA), según lo establece la ley 19.300.

Es importante decir que dentro del artículo 10, de la ley 19.300 no existe un causal directa por la cual una planta desalinizadora deba someterse sin embargo

la mayoría si cuentan con una RCA (Skewes, 2017), donde se encontró que al año 2017 muchas plantas desalinizadoras han entrado al servicio de estudio de impacto ambiental por diferentes categorías, dentro de las cuales se incluyen proyectos de desarrollo minero sobre 5000 toneladas mensuales; centrales generadoras de energía mayores a 3 MW; sistemas de agua potable y emisarios submarinos, algunos de los proyectos fueron ingresados con el artículo 3 del decreto supremo 95 del año 2002 (el antiguo reglamento del SEIA), pero que de fondo no tienen mayores diferencias con las el artículo de las causales actuales de ingreso. En la figura 14, se muestra la cantidad de proyectos que cuentan con plantas desalinizadoras con RCA aprobada al año 2017, según su motivo de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, contenidas en el Decreto N° 40 del año 2013.

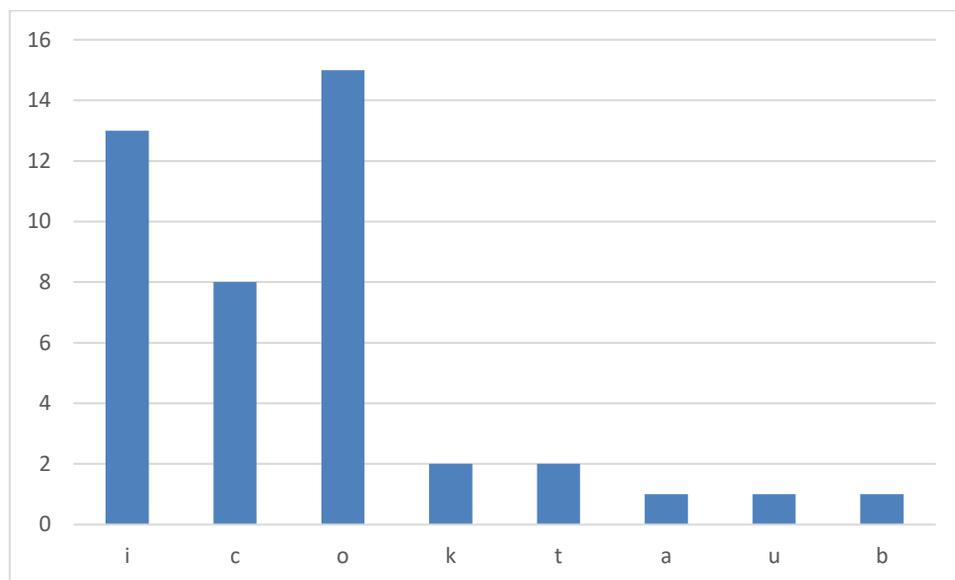


Figura 17: Causales de ingreso al SEIA de plantas desalinizadoras con RCA.

Fuente: (Skewes, 2017)

Y dentro de los mismos proyectos mencionados anteriormente, en la figura 15, se muestra la cantidad de proyectos según su forma de presentación por Declaración de impacto ambiental o Estudio de Impacto Ambiental.

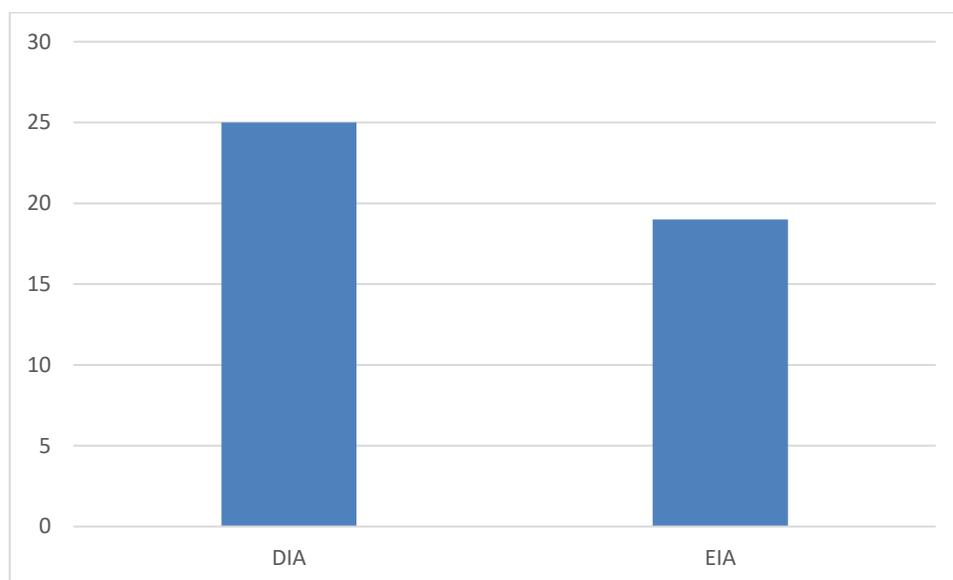


Figura 18: Proyectos que cuentan con plantas desalinizadoras con RCA aprobada según su forma de presentación.

Fuente: Skewes, 2017

En la figura 18, se muestran proyectos que incluyen desalinizadoras que van desde los 1 l/s aproximadamente hasta los 3200 l/s, donde se ve que los proyectos ingresados por DIA superan a los ingresados por EIA.

Un proyecto realizado bajo el actual marco regulatorio es, por ejemplo: “Modulo de desalación de agua de mar, Ventanas N°3”, ingresado el 21 de marzo del año 2018 bajo DIA, que cuenta con su RCA desde el 16 de septiembre del año 2019. Pertenece a Empresa Eléctrica Ventanas S.A., el proyecto pretende desalar y proporcionar agua para el consumo interno, y también para terceros, llegando a una producción de no más de 2116 m³/h, lo que corresponde a 587,78 l/s como detalla el proyecto según su declaración de impacto ambiental. Su tipología corresponde a la categoría de “Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW”. El proyecto es una modificación a una instalación ya existente “Central Termoeléctrica Nueva Ventanas”, la cual ya contaba con una planta desalinizadora con capacidad de 600 m³/día, lo que corresponde a 6,94 l/s. (Servicio de Evaluación de Ambiental, sin fecha)

Otro caso de obtención de RCA por medio de una DIA es el proyecto: “Planta desaladora Bahía Caldera” anteriormente mencionada en el punto 2.2. ingresada voluntariamente al Servicio de Evaluación Ambiental.

Por otra parte, se encuentran también plantas desalinizadoras que, si cuentan con un EIA, como Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral”, “Proyecto Planta de Agua Potable Atacama” y ENAPAC, entre otros.

4.2.4 Resolución de calificación ambiental para un sistema de transporte de agua.

La instalación de un sistema de transporte también requiere permisos sujetos a condiciones que hagan necesario la obtención de estos, ambientalmente la RCA es el principal permiso que se requiere, por esto a continuación se muestra que condiciones deben cumplir los sistemas de transporte para que requieran de una RCA.

La entrada de un sistema de transporte al sistema de evaluación ambiental está contenida en la letra "a)" del artículo 10 de la ley 19.300, "*Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;*" y como dicta la ley, la evaluación ambiental está condicionada en algunos casos al código de aguas, por lo que su evaluación ambiental depende de los siguientes factores:

- a) "Los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m. de altura"
- b) "Los acueductos que conduzcan más de 2 metros cúbicos por segundo"
- c) "Los acueductos que conduzcan más de medio metro cúbico por segundo, que se proyecten próximos a zonas urbanas, y cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros, sobre la cota de dicho límite y;
- d) "Los sifones y canoas que crucen cauces naturales"

4.2.5 Permisos ambientales sectoriales

Los permisos sectoriales (PAS), son aquellos que tienen un objeto de protección ambiental, éstos pueden tener más de un objeto, y además proteger un objeto diferente al medio ambiente (SEA, 2010), éstos se encuentran en el Decreto Supremo 40 del año 2012, por lo que los nombrare solo por su número.

Permisos ambientales sectoriales únicamente ambientales

Artículo 115

Es el permiso necesario para introducir o descargar materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie a las aguas sometidas a la

jurisdicción nacional. Como sabemos, la sustancia de rechazo en la desalinización (salmuera), contiene diferentes agentes nocivos para el medio ambiente y la salud. Es otorgado por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

Artículo 119

Permiso necesario para realizar pesca de investigación, el cual es necesario para la elaboración de líneas base de las zonas y para hacer seguimiento a las poblaciones de especies hidrológicas. Es otorgado por la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura.

Permisos ambientales sectoriales mixtos

Artículo 139

Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros. Como lo es la construcción de emisarios submarinos para la salmuera de descarte. Es otorgado por la Secretaria Regional Ministerial de Salud.

Artículo 140

Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase. Para la acumulación de los desperdicios de la planta por su funcionamiento. Es otorgado por la Secretaria Regional Ministerial de Salud.

Artículo 146

Permiso para la caza o captura de ejemplares de animales de especies protegidas para fines de investigación, para el establecimiento de centros de reproducción o criaderos y para la utilización sustentable del recurso. Como se mencionó anteriormente también, para estudios de líneas base y monitoreos. Es otorgado por el servicio agrícola ganadero.

Artículo 156

Este permiso es otorgado por la Dirección General de Aguas y tiene por finalidad autorizar la intervención de cauces naturales y artificiales que se encuentren en el área de construcción del proyecto y sus obras asociadas, como el trazado de

líneas eléctricas y/o tuberías que transportarán el recurso o las salmueras, fuera de la planta.

Artículo 160

Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales o para construcciones fuera de los límites urbanos. Por la instalación de una planta desalinizadora, instalación eléctrica, acueductos, etc. Es otorgado por la Secretaria Regional Ministerial de Agricultura.

4.3 Instituciones ligadas a la desalinización y la gestión del agua.

Son variadas las instituciones que es están relacionadas con el agua, solo gubernamentalmente están involucrados distintos ministerios tales como: Obras Públicas (MOP), Energía (MINE), Agricultura (MINAGRI), Defensa (MINDEF), Vivienda y Urbanismo (MINVU), Interior (MININT), Salud (MINSAL), Medio Ambiente (MMA), Economía (MINECON) y finalmente Minería (MM) (Donoso, n.d.). A continuación, describiré las principales instituciones que se relacionan con la gestión del agua (Larraín, Aedo, Navarrete and Villarroel, 2010):

Dirección General de Agua (DGA): institución perteneciente al MOP, su función tiene que ver con la planificación hídrica del país en las fuentes naturales, medir el recurso hídrico, fiscalizar los causes naturales, entre otros (DGA, sin fecha)

Ministerio de Medio Ambiente: A través del Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medioambiente, velan por la conservación y calidad de los recursos hídricos.

Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (Directemar): Organismo perteneciente a la Armada de Chile, por ende, dependientes del Ministerio de defensa como señala la “Ley Orgánica de las Fuerzas Armadas” en su artículo 1°, dentro de su misión se encuentra: (...) *preservar el medio ambiente acuático, los recursos naturales marinos y fiscalizar las actividades que se desarrollan en el ámbito marítimo de su jurisdicción (...)* (DIRECTEMAR, sin fecha)

Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): Institución dependiente del MOP, su misión se basa en que el abastecimiento de agua potable dado por las empresas de servicio de agua potable y saneamiento abastezcan continuamente, dando un precio justo a la población y que el agua ya utilizada, sea devuelta a la

naturaleza de forma compatible con ella (Superintendencia de Servicios Sanitarios, sin fecha).

Comisión Nacional de Riego (CNR): Institución presidida por el MINAGRI, su principal función es (...) *asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país (...)* (Comisión Nacional de Riego, sin fecha).

Dirección de Obras Hidráulicas: Institución dependiente del MOP, tiene objetivos tales como “*proveer de infraestructura de riego que permita disponer del recurso hídrico, para incorporar nuevas áreas al riego y/o aumentar la seguridad de riego, proveer de infraestructura para el abastecimiento de agua potable a las localidades rurales*” (Dirección de Obras Hidráulicas, sin fecha)

Secretaría Regional Ministerial de Salud (ISP): Analizar los parámetros físicos y químicos, que cumplan con la ley vigente, en lo que se refiere a la calidad del agua potable, fluoración del agua, uso recreativo (Instituto de Salud Pública de Chile, sin fecha)

Servicio Agrícola Ganadero (SAG): Se relaciona desde el punto en la protección de la caza de especies protegidas como se menciona anteriormente, y también por medio de la calidad de agua para riego, en el caso que se utilice agua desalinizada para ello (SAG, 2017).

Contraloría General de la República: Es quien efectúa un control preventivo de legalidad respecto de los aquellos actos administrativos que según la ley deben someterse a ella, en este caso, la concesión marítima.

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas: Cuenta con el departamento de asuntos marítimos, “(...) *es el encargado para implementar y materializar la Política Nacional del Uso del Borde Costero*”, a través de la Sección de Concesiones que quien se preocupa del otorgamiento de las concesiones marítimas. Y la Sección de Borde Costero que elabora y actualiza las políticas y orientaciones para un desarrollo económico, social y ambiental sostenible (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, sin fecha).

Secretaría Regional Ministerial de Agricultura: Su relación con la desalinización tiene que ver con la utilización del suelo rural para la instalación de una planta, al entregar un permiso ambiental sectorial.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura: La misión institucional es “*Regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, bajo un enfoque precautorio y ecosistémico que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo del sector.*”(Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, sin

fecha). De modo que la desalinización se ve directamente influida por la instalación de tomas de agua y descargas de salmuera.

4.4 Proyectos de ley asociados a la desalinización

Los distintos proyectos de ley avanzan por distintos caminos en cuanto a la regularización y actualización del marco legal que rige la desalinización, por lo que ahora pasaré a describir cada proyecto:

Boletín N° 8006-08

El proyecto propone que las explotaciones mineras que requieran más de 200 l/s deben utilizar agua desalinizada a partir del año 2016, con el fin de liberar el uso de las aguas continentales, dándole preferencia al estado el adquirir o expropiar los derechos de agua liberados, y también estableciendo plazos para cada faena incorpore el agua desalinizada según sus características, también considerando la opción hacer la inversión en desalación en conjunto con otros explotadores mineros. Ingreso: 2 de noviembre del 2011. Estado: Primer trámite constitucional.

Boletín N° 9185-08

Dice que las aguas desalinizadas en minería estarán bajo un nuevo reglamento que regirá éstas (diferente al actual Código de Aguas), y que las empresas mineras que requieran más de 150 l/s, deberán desalinizar agua de mar. Ingreso: 10 de diciembre del 2013. Estado: Primer trámite constitucional.

Boletín N° 10319-12

El proyecto de ley busca modificar la ley de concesiones marítimas, y establecer un tipo de concesión marítima en específico para la extracción de agua de mar, para fines comerciales, industriales o de consumo humano, y también establecer una renta y/o tarifa según la cantidad de agua que se extraiga, con pagos semestrales o anuales. Ingreso: 3 de junio del 2014. Estado: Primer trámite constitucional.

Boletín N° 9862-33

El proyecto faculta al estado llevar a cabo actividades empresariales con el fin de fomentar, y desarrollar la creación de plantas desalinizadoras, ya que, actualmente solos los privados pueden instalarlas. Ingreso: 15 de enero del 2015. Estado: Segundo trámite constitucional.

Boletín N° 11608-09

El proyecto consta de varias partes, la primera establece que el agua desalinizada es un bien nacional de uso público, la segunda parte de crear una estrategia nacional para la desalinización priorizando el consumo humano, saneamiento y mantención de un caudal ecológico en los acuíferos y finalmente que todos los proyectos de desalinización deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental bajo la causal de “proyectos de desalinización de agua de mar”. Ingreso: 25 de enero del 2018. Estado: Primer trámite constitucional.

Boletín N° 8467-12

El proyecto pretende derogar la actual Ley de Concesiones Marítimas y reemplazarlo por éste, también zonificar el borde costero otorgándole usos preferenciales, transferir la administración de éste al Ministerio de Bienes Nacionales y junto con el gobierno regional aprobar y renovar las concesiones marítimas. Ingreso: 31 de julio del 2012. Estado: Segundo trámite constitucional.

4.4 Presentación y análisis de resultados

4.4.1. Marco regulatorio actual

En esta parte se analizan los distintos temas que se tratan en este capítulo que tienen relación con el marco regulatorio actual y se identifican los problemas que surgen para la instalación de plantas desalinizadoras y sistemas de transporte de agua.

Dominio de agua desalinizada: Al no estar regulado el dominio del agua desalinizada, se genera una discusión sobre quien es el dueño de ésta, en consecuencia, se utilizan cuerpos normativos de rango legal para suplir la carencia de ésta y finalmente bajo diferentes interpretaciones se llegan a diferentes resultados sobre la propiedad del agua desalinizada, lo que es negativo para la realización de proyectos ya que no se tiene certeza en esta materia, generando una incerteza jurídica con respecto al dominio del agua desalinizada.

Concesiones Marítimas: La ley de concesiones marítimas data del año 1960, por lo que esta desactualizada al tiempo presente, no se hizo pensando en la futura instalación de plantas desalinizadoras utilizando el mar como una nueva fuente de agua para el consumo humano, industrial y agrícola, es más, basta solo

con la entrega de la documentación exigida para que ésta sea otorgada, teniendo cualquier fin como válido.

- No existe una planificación en cuanto a la entrega de concesiones, basta con la documentación exigida para la obtención de una concesión para desalinizar agua.
- Desactualización de la ley, la concesión no considera un propósito determinado para la extracción del agua.
- No existe una retribución al dueño del agua de mar por parte de quién la aprovecha.

Evaluación ambiental para la desalinización: Ya que no se cuenta con una causal de entrada directa al SEIA para la desalinización, no se da cuenta de la metodología, ni las consideraciones de la evaluación ambiental en específico de los proyectos, y estando divididos éstos en tantas causales, deja espacio para que se pasen por alto consideraciones ambientales que se deberían tener. El carecer de rigurosidad en los procedimientos se deja espacio para que, en la realización de estudios de impacto ambiental al igual como en estudios de líneas base, utilizando diferentes metodologías se obtengan diferentes resultados, no obstante, debiéndose obtener el mismo.

También es cuestionable el hecho de que una desalinizadora no tenga que hacer un estudio de impacto ambiental, considerando que con la salmuera de descarte se tienen efectos sobre los recursos naturales renovables, lo cual es un motivo explícito dentro del artículo N° 11 de la ley 19.300 para la realización de un estudio de impacto ambiental sobre una declaración de impacto ambiental, como lo son los peces y otros organismos vivos de los cuales se aprovechan los pescadores, además, éstos a través de su consumo, podrían acarrear también problemas a la salud, por la concentración de metales pesados, por ejemplo. Existe poca investigación sobre los impactos que puede traer la desalinización sobre el medioambiente en el escenario mundial como chileno, y sobre impactos que puedan tener comunidades cercanas, y la fiscalización y control que debe tener ésta para que los proyectos se desarrollen en armonía con estos

- Inexistencia de causal de entrada exclusiva para plantas desalinizadoras.
- Falta de claridad en procedimientos de la realización de los estudios tanto de líneas base como de posibles impactos.
- Falta de claridad entre declaración o estudio de impacto ambiental.
- Ante la incertidumbre de los impactos, establece ninguna medida de control, ni de sanción.

Evaluación ambiental para los sistemas de transporte de agua: Como dicta la ley, la evaluación ambiental de un acueducto, se realiza solo cuando transporte

más de 2 metros cúbicos de agua, que significa 2000 l/s de agua, debe encontrarse a menos de a una zona urbana y transportar más de 500 l/s, al necesitar un sifón o canoa para transportar el agua cruzando causes naturales o el caso de desviar un cauce natural de agua, pero no considera en ningún caso la extensión que pueda tener una instalación de esta magnitud y da espacio para que instalaciones que no lleguen al requerimiento para una evaluación ambiental, se instalen sin considerar los impactos en el medioambiente que pudieran generar.

Instituciones que administran el agua y que intervienen en la desalinización y permisos sectoriales ambientales:

En materia de administración del agua, podemos encontrar un gran número de instituciones que intervienen en el proceso, ya sea aportando documentos, antecedentes y ejerciendo facultades controladoras, lo que a primera vista resulta positivo toda vez que se asegura un control amplio, continuo y desconcentrado, atestiguando una aplicación correcta de la ley en sus distintos aspectos en la materia. Por otra parte, puede haber un mal manejo de los recursos, ya que se puede caer en una doble fiscalización, además se convierte en un proceso muy engorroso, ya que intervienen demasiados organismos para el funcionamiento de los proyectos, y no se encuentra alguno que tenga la desalinización misión el desarrollo de la desalinización, se desprenden las siguientes problemáticas:

- No existe una institución especializada en desalinización.
- Instituciones que tienen como finalidad los mismos temas, ya sea por ejemplo la calidad de agua para el consumo humano, o la preocupación por la mantención del medioambiente.

4.4.3 Proyectos de ley

De los distintos proyectos de ley presentados, a continuación, se presentan los temas que abordan los distintos proyectos de ley.

Obligatoriedad de uso de agua desalinizada para los procesos mineros a partir de una cantidad de agua requerida:

Una iniciativa con el fin de que se liberen caudales naturales y poder abastecer a la población y a la pequeña agricultura. Ayuda a la mantención de caudales ecológicos. No da cuenta de que hay faenas mineras que pueden operar con agua de mar directamente, la cual es una tecnología que se utiliza (Centinela Optimiza Sinergias | Equipo Minero, 2014), y se encuentra en desarrollo.

Factibilidad de participación de varios explotadores mineros en la actividad de la desalinización:

Iniciativa que hace un uso de recursos más eficiente y eventualmente reducir impactos ambientales.

Si bien va en la línea de lo que se propone, fijar como hacerlo ya sea por algún tipo de incentivo o regulación, además regular la repartición que se tendrá en el caso que haya alguna disminución en la cantidad de producción de agua, repartición de costos tanto de inversión como de operación y mantenimiento.

Diferenciar una concesión marítima para la extracción de agua de mar según su finalidad, y establecer una tarifa proporcional a la cantidad de agua que se extrae: Es una actualización a la actual ley de concesiones marítimas, remunerando al país por el consumo en las diferentes actividades que se hace del agua de mar.

El estado puede realizar actividades de desalinización: Incluir al estado como un participante dentro de la actividad, con la posibilidad de suplir necesidades públicas o creación de empresas públicas, aunque de convertirse en un competidor más en el mercado se podría frenar la iniciativa privada, ya que el estado no tendría que pagar costos por ejemplo de concesiones.

Desalinización para liberación de caudales naturales y mantención de caudales ecológicos: Es importante incluir al medio ambiente dentro de quienes necesitan agua, más allá del consumo humano y actividades productivas con el fin de la conservación de él, impedir el avance de la desertificación y la escasez hídrica.

Establecer que el agua desalinizada es un bien nacional de uso público: Da una certeza jurídica por la propiedad del agua desalinizada. Hay que considerar que agua desalinizada se produce a partir de agua de mar que ya pertenece a la nación, si se convirtiera en un bien privado de alguna manera quien desalinice se haría dueño del agua de mar, que pertenece a la nación.

Priorización del uso del agua para el consumo humano, doméstico y saneamiento: El abastecimiento humano está por sobre la realización de actividades económicas, porque lo que es importante establecer esto, sobre todo ante la posible instalación de plantas que abastezcan a personas como a actividades productivas.

Causal de entrada diferenciada para proyectos de desalinización al SEA: Da cuenta de la importancia del análisis diferenciado que requiere una actividad como lo es la desalinización, con respecto a la elaboración desde sus líneas base hasta el monitoreo necesario de la actividad debido a la incertidumbre que hay de sus impactos, además de esto es necesario establecer las metodologías

pertinentes a la actividad y principios de monitoreo por la incertidumbre de los impactos ambientales.

Zonificación de borde costero dando usos preferenciales: Permite una planificación de las instalaciones, la no intervención entre las diferentes actividades que se lleven a cabo a lo largo del borde costero, estas deben considerar a la ciudadanía para no pasar a llevar por ejemplo zonas de interés locales, desarrollo humano, conservación medioambiental.

Transferencia de concesiones al Ministerio de bienes Nacionales, para que junto con el gobierno regional se aprueben y renueven concesiones: Tener una gestión más localizada de las actividades relacionadas con el mar, haciendo más eficientes gestiones en lo que tiene que ver con concesiones marítimas.

4.5 Conclusiones

Como se ha presentado hay varias problemáticas normativas que no favorecen un desarrollo más expedito la desalinización, que obviamente afectan a la modalidad multiusuario, pero no solo a ella, es por esto por lo que es necesario el abordarlas. Sin embargo, no se observan impedimentos explícitos en el marco regulatorio que impidan una modalidad multiusuario.

Son variadas las autorizaciones necesarias para la instalación de plantas desalinizadoras y sistemas de transporte, pero siendo la desalinización una industria que se vuelve cada vez más importante en el país, no se encuentra un organismo que se dedique al desarrollo de esta.

Finalmente, temáticas para abordar se extraen tanto del análisis del marco regulatorio exponiéndolos como temas y también desde los proyectos de ley, es que hay muchas iniciativas que tratan de resolver problemas claves necesarios para el desarrollo de la actividad, algunos que datan de bastante tiempo, con temas conexos o muy inconexos entre sí, de variada ambición y alcance, lo que denota que no existe un marco legal apropiado para el desarrollo de la actividad.

CAPÍTULO V: EXPERIENCIA INTERNACIONAL

El siguiente capítulo trata sobre la experiencia de otros países, abordando sus principales problemas y políticas que han adoptado en relación con la desalinización.

5.1 España

España comenzó con la desalinización en el año 1964 por iniciativa privada con su primera planta y luego en 1969 realiza su segunda instalación por iniciativa

pública (Blanquer, 2004), durante los años 70 la Comunidad Autónoma de Canarias y otras, como Baleares comienzan a desalinizar por la dificultad para obtener recursos hídricos por medios convencionales, posterior a esto durante los años 90 comienza un crecimiento pausado y sostenido de la desalinización, por ejemplo en Levante, una zona agrícola, turística y con un crecimiento de población se hizo necesaria la obtención de agua por medio de otras fuentes (Jiménez Shaw, 2008).

Como política de aguas en España, en 2001 se aprueba el Plan Hidrológico Nacional, que pretendía trasvasijar el río Ebro para cubrir la demanda de agua de otras cuencas. En el año 2004 este plan fue derogado tras la elección de un nuevo gobierno, y en su reemplazo elaboran el Programa Global de Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua (AGUA), el cual tiene como principales ejes el retratamiento de aguas y la instalación de grandes plantas desalinizadoras que además de abastecer la demanda pretende la recarga y mantención de acuíferos, por lo que se incluye la instalación de plantas desalinizadoras que van desde los 2500 hasta los 110 l/s, correspondiente a las ciudades de Torre Vieja y Ciudadela respectivamente l/s (Cabrera, Estrela y Lora, 2019), además de la planificación de la gestión del agua en por regiones independientes – Zonas hidrográficas intercomunitarias- que incluyen una o más cuencas y su planificación se actualiza cada 6 años (Demarcaciones Hidrográficas, n.d.).

La planificación de las plantas comenzó con el nuevo plan “AGUAS”, pero la recesión del año 2008 ocasionó que las plantas quedaran sobredimensionadas con respecto a la demanda, también hubo problemas con la instalación de los servicios auxiliares para el funcionamiento de éstas, tal como ocurrió con la anteriormente mencionada planta de Torre Vieja, que alcanzó su producción de agua desalinizada por diseño el año pasado, ya que no se contaba con la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento (Plaza, 2019), ésta comenzó su funcionamiento en 2017 operando a un 25% de capacidad (Sanchis, 2019), entre otros problemas (Cabrera, Estrela y Lora, 2019).

Dentro de los problemas que enfrenta la desalinización en España, están los costos del agua asociados a la energía. Es más barata la obtención de agua de fuentes tradicionales que el abastecimiento por agua desalinizada lo que hace que no haya competencia entre las fuentes, esto a raíz de la infrautilización de las plantas (Andrés Cala, 2013 citado por Cabrera, Estrela y Lora, 2019) y también discusiones sobre el impacto que tendría el vertido de salmuera en el mar y la afectación que tiene en especial sobre la “posedonia oceánica”, una especie acuática que redujo su presencia debido a la salmuera en las costas de Ibiza, bahía de Talamanca, por el efecto de la desalinización desde el año 1994

que vierte el desecho directamente sobre la costa (Gelabert, sin fecha) ,lo que en un principio llevó a una detracción hacia la planta desalinizadora de Torrevieja (Rica y Martínez, 2008), sin embargo esto provoco una regulación sobre la desalinización además de la implementación de nuevas tecnologías para el vertido de salmuera como lo son la mezcla previa al vertido de salmuera con agua de mar y los emisarios submarinos con difusores (Gelabert, sin fecha).

En términos organizacionales el agua desalinizada es del dominio público hidráulico del Estado, así lo dispone el artículo 2° de la ley 11/2005 del 22 de junio, lo que sería el símil chileno de un bien nacional. La actividad de desalinización se hace por medio de concesiones y en el caso que el concesionario no sea el usuario final del agua desalinizada, el estado es quien aprueba las tarifas mínimas y máximas por el cobro de esta agua según el artículo 13° numeral 5.

La regulación medioambiental establece que todas las plantas desalinizadoras que superen la producción de 3.000 m³/día deben someterse al procedimiento de evaluación ambiental, según lo dispuesto en Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, las que deben redactar un Estudio de Impacto Ambiental y luego publicar un Declaración de impacto ambiental donde se establecen las condiciones para la protección medioambiental durante la construcción y funcionamiento de la planta (Aedyr, 2019).

Para la descarga de salmuera en el mar es necesario pedir una autorización de vertido y los proyectos deben tener planes de monitoreo de distintas propiedades de la salmuera de descarte, así como los efectos que se observan en el medioambiente submarino monitoreando distintos puntos. La regulación existente no establece límites físicos ni químicos que debe poseer la salmuera de descarte (Aedyr, 2019).

En cuanto al futuro de España en desalinización, el crecimiento poblacional y el poco acceso ya existente al agua, sumando a esto el cambio climático, hacen de la desalinización una fuente imprescindible de agua, sobre todo para la zona de la costa del mediterráneo (Cabrera, Estrela y Lora, 2019), por lo que pretenden ampliar la desalinización por ejemplo de la planta de Torrevieja de 2500 a 3800 L/s aproximadamente.

5.2 Australia

Australia es uno de los continentes más secos del planeta, comenzó con la desalinización para la industria y minería sin incluir el abastecimiento de la población por los altos costos que éstos significaban de los que se iban a tener que hacer cargo. No fue hasta las grandes sequías que vivieron entre los años 2000 y 2010 que grandes proyectos de desalinización fueron construidos, principalmente en New South West, Victoria y Queensland, de los cuales solo en el oeste y sur de Australia siguen operando al 2015 -New South Wales y Victoria- (Legislative Council Secretariat, 2015), los que tuvieron gran oposición en su momento, en New South Wales, Sidney, donde se construyó una planta en la bahía de Kurnell, donde la gente se oponía principalmente por las consecuencias ambientales que podrían causar este tipo de instalaciones y por los altos costos que significan este tipo de instalaciones (Meldrum, 2007).

Western Australia es el estado más grande, ahí se encuentran 2 grandes desalinizadoras que producen una capacidad de 1427 y 3171 l/s aproximadamente para suplir el agua de la ciudad de Perth. Ambas pertenecen a "The Water Corporation of Western Australia" (The Water Corporation), que es una empresa comercial establecida por el estado, la cual rinde cuentas al Ministerio de Aguas, el cual es su único accionista (Legislative Council Secretariat, 2015).

Al sur de Australia se ubica la desalinizadora de Adelaide, que se decidió realizar en el año 2007, comenzó a abastecer de agua desalinizada el año 2011 llegando a su máxima capacidad el año 2013 produciendo aproximadamente 3500 l/s de agua. La planta pertenece a South Australia Water Corporation, una empresa que pertenece al estado, y fue construida y es operada por privados a través de un contrato de diseño, construcción, operación y mantenimiento que tiene una duración de 20 años y su abastecimiento energético es a partir de energías renovables que proporciona la red eléctrica local (Legislative Council Secretariat, 2015).

La regulación para la desalinización en Australia depende de cada región, en particular para South Australia, deben ingresar al servicio de impacto ambiental todas las plantas desalinizadoras que produzcan una cantidad mayor a 20.000 L/día regulado en "*Environment Protection Act 1993*" (EPA South Australia, 2021).

Además de esto, Australia ha tenido que hacer frente a la percepción pública, ya que la desalinización es una alternativa cara frente a otras fuentes como la reutilización de aguas y también por el impacto medioambiental que conlleva la

desalinización por el alto consumo energético, el manejo de la salmuera de descarte (Australian Water Association, sin fecha).

5.3 California, Estados Unidos

La desalinización en California comenzó debido a la incertidumbre en la obtención de agua debido a recurrentes sequías. La primera desalinizadora se instaló en Isla Catalina durante la sequía de 1987-1992, y también en Santa Bárbara que dejó de operar ya que la sequía cesó y se pudo obtener agua de fuentes más baratas, pero el 2015 volvió a operar. Entre otras desalinizadoras que se encuentran en operación como la de Carlsbad en el condado de San Diego. En la actualidad muchas localidades proyectan la instalación de plantas desalinizadoras como Santa Cruz, Monterey, Huntington beach, entre otros (Water Education Foundation, sin fecha)

La regulación de la desalinización tiene que cumplir tanto con las leyes federales, como las estatales propias que el estado de California ha establecido. Comienza con el “Federal Water Pollution Control Act” (Clean Water Act), que regula la extracción de agua para el enfriamiento, aplicable también a la desalinización, debido a que potencialmente puede causar el mismo impacto, reflejándose en que la instalación debe reflejar la mejor tecnología disponible en su Sec. 316 (b).

También se considera el caso de encontrarse un proyecto en una zona donde habitan especies en peligro de extinción y que ponga en peligro la existencia de la especie, éste debe ser modificado con el fin de mitigar los impactos, y en el caso que no sea posible, el proyecto debe ser detenido según el 16 U.S. Code § 1536 (a)(2). Las plantas deben cumplir con las leyes federales de protección pesquera, el “*The Fish and Wildlife Coordination Act*” que “(...) autoriza a los secretarios de agricultura y comercio a brindar asistencia y cooperar con las agencias federales y estatales para proteger, criar y aumentar la oferta de animales de casa y peletería, así como para estudiar los efectos de las aguas residuales domésticas, los desechos comerciales y otras sustancias contaminantes en la vida silvestre” (Fish and Wildlife Coordination Act), por lo que la autoridad federal y/o estatal podría iniciar algún tipo de investigaciones sobre los impactos que genera por ejemplo la descarga de salmuera en el mar (O’Neill Ocasio, 2015).

Ahora, poniendo en antecedente las leyes particulares del estado de California, primeramente, se debe mencionar el “*Porters-Cologne Water Quality Control Act*”, § 13142.5. (b) dice que, para cada planta de energía u otra instalación industrial nueva o expansión de ésta, que use agua para enfriar, calentar o

procesamiento industrial, el mejor sitio disponible, tecnología y medidas de mitigación factibles deben ser usadas para minimizar la succión y mortalidad de toda forma de vida marina”.

También está presente el “California Coastal Act”, el cual autoriza a la Comisión Costera de California a elaborar planes de desarrollo costero y a otorgar permisos de desarrollo costero, por lo que la comisión puede monitorear el proyecto regularmente.

Ambientalmente las plantas deben someterse a una evaluación de impacto ambiental, según lo señala el “California Environmental Quality Act” § 21100. (b) (5), considerando que una planta puede ser un proyecto “Growth-inducing”, ya que podría influenciar la llegada de población a la zona por ser una nueva fuente de agua (O’Neill Ocasio, 2015), y también por la extracción de agua de mar y la descarga de salmuera propia de la desalinización (Skewes, 2017) .

En cuanto a la propiedad del agua desalinizada hay una discusión debido a que es producto de un elemento que pertenece al “*Public trust*”, que es la doctrina que consagra los bienes públicos, aunque se tiene una discusión al respecto, por el valor agregado que le da desalinización al agua de mar (O’Neill Ocasio, 2015), sin embargo, la doctrina del “*Public trust*” ha sido aceptada en fallos de la corte suprema de California (Baeza y Harris, 2019).

5.4 Israel

Israel es un estado que se encuentra en una zona desértica, por lo que sus problemas para acceder al agua han estado presentes desde su origen, que además durante los años 1998 y 2012 una severa sequía (Díaz, 2019). La desalinización de agua de mar con la planta Ashkleton en 2005, de Hadera en 2009 y Sorek en 2013 (Desaladoras en Israel |, 2018), junto a otras formas de obtención de agua y gestión hizo que Israel dejara de depender de las lluvias para poder producir ya demás permitió que diversificar la producción de recursos agrícolas en su territorio pudiendo en la actualidad producir granadas, jojoba, etc. Además del desarrollo de la ganadería (Díaz, 2017). Además de la desalinización, Israel posee otras políticas que tienen que ver con la obtención y uso eficiente del agua, como por ejemplo un sistema de reciclaje de agua y un riego tecnificado por goteo de un 95% y 75% respectivamente (Pagura, 2019) y tomaron estas medidas previo desalinizar agua.

En Israel el 80% de la demanda de agua potable es abastecida por medio de desalinizadoras (Díaz, 2017), y cuenta con la planta más grande del mundo Idam Sorek, ubicada a 15 km de Tel Aviv, la que produce 7.222 l/s y con la segunda la

IDAM de Ashdod que produce 4.444 l/s, a través de concesiones, estas pueden ser infraestructuras nacionales según lo declara la ley cuando son declaradas de importancia nacional *“Planning and Building Law 5725-1965 Excerpts”* y en cuanto a la propiedad del agua desalinizada la ley establece que las fuentes de agua son propiedad pública y que deben estar administradas por el estado conforme a las necesidades de la población y desarrollo del país y que *“(...) las fuentes de agua son manantiales, arroyos, ríos, lagos y otras corrientes y depósitos de agua, ya sea por encima o bajo tierra, ya sea natural o regulado o instalado (...)”* como señalan los artículos 1 y 2 de *“Water Law, 5719-1959”*, por lo que no queda explícitamente que el agua es un bien público, pero si sus fuentes las que son administradas por el estado.

Finalmente, en cuanto a la regulación ambiental para las desalinizadoras en Israel, éstas deben someterse a un estudio de impacto ambiental según lo señala la ley (Planning and Building Regulations (Environmental Impact Statements) 5763-2003).

Israel es una potencia en desalinización, además de contar con sus grandes plantas el gobierno invierte gran cantidad de dinero en desarrollo tecnológico a través de programas, al año 2017 cerca de 5.000 startups o nuevas empresas trabajan para mejorar el cuidado, recolección, distribución de agua (Pallares, 2017)

5.5 Presentación y análisis de resultados

A continuación, se presentan distintas políticas implementadas por los distintos estados teniendo como resultado las experiencias y que temas se tratan de solucionar en cada caso.

España

Plan “AGUAS”: Tiene como objetivo la instalación de desalinizadoras y reutilización del agua para combatir la sequía.

Zonas hidrográficas intercomunitarias: Tiene como objetivo que haya una gestión hídrica local, integrada y planificada.

Legislación Medioambiental: Tiene como objetivo saber, monitorear, fiscalizar los impactos ambientales asociados a la desalinización, implementar medidas de mitigación a los impactos.

Propiedad estatal del agua desalinizada: Tiene como objetivo dar al estado la propiedad del recurso.

Estado administra el recurso en base a sus necesidades. Se tiene claridad sobre la propiedad del agua, lo que da certeza a cualquier participante de algún tipo de proyecto que genere este recurso.

España implementa una desalinización como una nueva fuente de agua que se gestiona de manera local, administrada estatalmente según las necesidades de este, donde se tiene en cuenta el consumo humano como industrial aprovechando una misma fuente, con planes de gestión hídrica, midiendo y monitoreando impactos ambientales, donde además se tiene una certeza con respecto a la propiedad del agua.

Su experiencia muestra además que es necesario planificar la actividad de la desalinización, así como sus servicios auxiliares, que si hay efectos adversos como ocurrió con la *Posedonia oceánica*, que hay un aumento de costos con respecto a las fuentes tradicionales.

Australia

Instalación de plantas desalinizadoras: Tiene como objetivo lidiar con la sequía que afecta a diferentes zonas del país.

Gestión de aguas descentralizada: Su administración estatal pretende gestionar el agua de manera local.

Empresas estatales en la desalinización: Tiene como objetivo la instalación de plantas desalinizadoras enfocadas en el bienestar social y el abastecimiento de humanos como de actividades agrícolas dentro de los mismos proyectos.

Evaluación impacto Ambiental: Tiene como objetivo evaluar ambientalmente los proyectos de desalinización, monitorearlos y mitigar distintos impactos ambientales.

Abastecimiento de energía mediante energías renovables no convencionales (ERNC): Tiene como objetivo disminuir los costos del agua desalinizada.

La experiencia australiana muestra una desalinización de iniciativa estatal con la formación de sus empresas que concesiona la actividad, que abastece tanto para consumo humano como para actividades productivas, descentralizada debido a la división administrativa del país. Donde la gente se ha opuesto por los impactos medioambientales que puede traer la desalinización y por los altos costos de inversión y producción de agua que traen como consecuencia una política de evaluación ambiental y de abastecimiento de energía a las plantas mediante ERNC.

California, Estados Unidos

Clean Water Act: Tiene como objetivo regular la extracción de agua para proteger el medioambiente, promueve el uso de las mejores tecnologías disponibles.

Protección especies en peligro de extinción: Proteger especies en categoría de peligro de extinción pudiendo hasta detener un proyecto.

The Fish and Wildlife Coordination Act: Proteger, criar y aumentar la oferta de animales de casa y peletería, así como para estudiar los efectos de las aguas residuales domésticas, los desechos comerciales y otras sustancias contaminantes en la vida silvestre

Porters-cologne wáter quality control act: Para cada planta de energía u otra instalación industrial nueva o expansión de ésta, que use agua para enfriar, calentar o procesamiento industrial, el mejor sitio disponible, tecnología y medidas de mitigación factibles deben ser usadas para minimizar la succión y mortalidad de toda forma de vida marina.

California Coastal Act: Elaborar planes de desarrollo costero y otorgar permisos de desarrollo, también monitorear los desarrollos, con el fin de organizar el territorio y desarrollar actividades compatibles en cada parte de este.

California Environmental Quality Act: Evaluación de impacto ambiental para los proyectos, que caracteriza la zona previa a la realización de proyectos e identifica los posibles impactos que tendrá la instalación y funcionamiento de los proyectos.

La desalinización en California nace a partir de la falta de agua, tienen una serie de regulaciones que protegen el medio ambiente y las actividades económicas que se pueden ver afectadas por la desalinización como la pesca, planifican el desarrollo costero y han tenido problemas por la diferencia de costos económicos entre las fuentes convencionales, la propiedad del agua desalinizada no está explícitamente en su ley, pero la jurisprudencia dice que pertenece al estado.

Israel

Gestión hídrica eficiente: Israel destaca por su reutilización de aguas y riego tecnificado, optimizan el recurso hídrico y en consecuencia todos los otros recursos necesarios para la obtención de agua, como la energía para la desalinización y transporte de agua, como los materiales para la construcción de las instalaciones.

Planning and Building Law 5725-1965 Excerpts: Permite al estado hacerse propietario de las plantas desalinizadoras, en el caso de ser declaradas de interés nacional, lo que da una seguridad de abastecimiento de agua al país.

Water Law: Todas las fuentes de agua son de propiedad pública y deben ser administradas por el estado permite gestionar el estratégicamente según la perspectiva del país y necesidades de la población. En cuanto a la propiedad del agua no se especifica a quien pertenece.

Inversión en nuevas tecnologías: Fomenta la investigación en hacer una desalinización utilice de manera más eficiente los recursos.

La experiencia de Israel es importante como pioneros de la desalinización debido a la escasez. Tienen una administración estatal del agua, además de la construcción de las plantas desalinizadoras mas grandes del mundo que abastecen tanto actividades económicas como necesidades humanas. Dentro de lo más destacable se encuentra su política de gestión de aguas donde reutilizan gran cantidad y su riego tecnificado que hace que se optimice el uso del recurso. Finalmente impulsan el desarrollo tecnológico invirtiendo gran cantidad de recursos que los posiciona como una potencia mundial en desalinización y gestión hídrica.

5.6 Conclusiones

La desalinización en los países estudiados se ha iniciado por la escasez hídrica. Se desarrolla con preocupación por el medio ambiente en parte por la incertidumbre de los impactos que provoca la actividad, preocupación que se ve reflejada en sus regulaciones. Se implementa de modo que una planta abastezca consumo humano como actividades económicas, con una iniciativa estatal importante. En general se tiene una gestión descentralizada del agua donde se ven las necesidades de cada localidad. También tienen certeza jurídica, predominando una propiedad estatal del agua y por último dentro de los puntos comunes se tiene que hay una administración estatal del recurso a excepción de California.

Otras experiencias que se rescatan, ya de manera independiente es la inclusión de ERNC para el abastecimiento de energía para la desalinización con el fin de disminuir costos por parte de Australia, la protección de actividades económicas que se desarrollan paralelamente a la desalinización como la pesca y el fomento que hay en la implementación de mejores tecnologías en el caso de California, la necesidad de planificar la instalación como los servicios auxiliares en el caso de

España y finalmente de Israel su optimización del agua y su inversión en la búsqueda de nuevas y mejores tecnologías.

CAPÍTULO VI: COMENTARIOS FINALES Y PROPUESTAS

6.1 Comentarios Finales

Los análisis en base a los modelos utilizados muestran que existe una economía de escala por concepto de consumo energético, y por lo tanto se utilizan menos recursos al implementar sistemas, por parte de los costos de inversión y operación, no existe un mayor beneficio al implementarse sistemas individuales de desalación e impulsión.

En la línea de uso eficiente de energía la modalidad multiusuario al incluir a desalinizadores de pequeña escala en proyectos que tengan un gran consumo energético, con la nueva ley de eficiencia energética aprobada en Chile (Ley 21.305), se mandata a los grandes consumidores a hacer una gestión activa de la energía, que promueve además una gestión más eficiente de los recursos ya no solo en el ahorro de energía por el transporte de agua implementando la modalidad multiusuario, si no que constantemente con la optimización del consumo energético en los procesos en conjunto, además de los reportes de consumo energético elaborando sistema de gestión energética.

Desde el punto de vista medioambiental, también se presentan oportunidades. Al utilizar de manera más eficiente la energía, por ende, se genera una menor cantidad de emisiones de gases de combustión por el abastecimiento energético. Hay una menor utilización de suelos ya que el requerimiento por unidad de agua producida disminuye a medida que la escala de producción aumenta, también se instalan menores líneas de abastecimiento, lo que es beneficioso al intervenir una menor área y por ende menos seres vivos son desplazados de su hábitat, hay una menor degradación de los suelos y el valor paisajístico de igual manera se menos afectado, en el escenario actual se podrían instalar “n” plantas desalinizadoras en la costa, y a su vez “n” sistemas de transporte al no haber un sistema que regule y planifique la actividad.

Se identifica que también hay menores impactos en la sociedad. Esto al perjudicarse en menor medida el ambiente de desarrollo de una eventual actividad turística cercana un sistema de desalinización y transporte, y la posibilidad de utilizar ese suelo con otra finalidad.

Para quien sea que desarrolle la actividad se ven beneficios al implementar sistemas multiusuarios de desalinización y transporte, y con mayor razón la minería que han impulsado el desarrollo de esta industria.

Otra de las grandes oportunidades que se identifican con la desalinización, es el abastecimiento de agua a comunidades que tienen un acceso restringido o no cuentan con suministros de agua potable, lo que trae como beneficio una mejor calidad de vida mejorando sus condiciones de saneamiento y consumo, junto con esto, se agrega el beneficio de obtener agua a un menor costo. El hacer proyectos bajo esta modalidad podría además acarrear una licencia social de operación.

La experiencia internacional muestra que sistemas multiusuarios han sido implementados, como el caso de España, Israel y Australia donde se abastece tanto para consumo humano como para la industria agrícola entre otros muestran que la iniciativa estatal es quien ha motivado la instalación de grandes plantas desalinizadoras multiusuarios., también incluyen al medio ambiente ya que dentro de sus políticas incluyen la mantención de acuíferos, cosa que mitigaría en algún grado el cambio climático.

Otra experiencia importante que se tiene de la experiencia internacional es que incluyen la desalinización como una nueva fuente de agua, que es administrada estratégicamente a través de planes de uso de agua, teniendo en cuenta el desarrollo del país y la mantención de acuíferos para la conservación del medioambiente, a través de un sistema integrado de aguas tanto continentales como desalinizadas.

Dentro de los grandes problemas que enfrenta la desalinización, tiene que ver con la incertidumbre que hay con respecto a los impactos ambientales que provoca, es por esto, que el desarrollo de la actividad debe considerar este factor a la hora de la realización de proyectos, ya que no se sabe en qué magnitud, ni en cuanto tiempo se podría ver afectado el medio ambiente como comunidades que se desarrollen cerca, pudiendo llegar a tener impactos irreversibles.

Para acotar esa incertidumbre, es necesario el uso y desarrollo de nuevas tecnologías que además de optimizar el costo del agua, mitiguen de mejor manera el impacto medioambiental, por otra parte, es necesaria la investigación sobre el tema, siendo una industria que se desarrolla rápidamente en el país y en el mundo.

La modalidad multiusuario también es una oportunidad en la evaluación ambiental de los proyectos. Primero, se tiene que hay un ahorro de esfuerzos y recursos ya que se evalúa solo un proyecto y no 2 o más. Considerando un Estudio de Impacto Ambiental (cosa que será propuesta más adelante) La elaboración de un proyecto multiusuario es una gran oportunidad desde el punto de vista social, con una consulta ciudadana informada y pertinente. Seguimiento del impacto ambiental más eficiente ya que se monitorea la influencia de menos sistemas localizados en la misma zona.

Sin embargo, hay problemas en los márgenes regulatorios que opera la desalinización, como en lo que tiene que ver con la propiedad del agua desalinizada y en lo que tiene que ver con las concesiones marítimas, y socialmente hay un problema los criterios y rigurosidad en la elaboración de líneas base, áreas de influencia, mitigación de impactos, que han generado un problema de confianza en la realización de proyectos y en la evaluación ambiental para la ejecución de estos.

En lo que tiene que ver con las concesiones marítimas necesarias para desalinizar, el sistema no exige una finalidad para el uso del agua de mar, por lo que inicialmente no significa un problema para el desarrollo de la actividad, pero en un futuro cuando se actualice la ley, por ejemplo, exigiendo una finalidad de uso de agua de mar, o exigiendo una retribución por el uso, eso va a tener un efecto negativo para quienes elaboran los proyectos, como para quienes gozan del agua desalinizada.

Socialmente no hay una participación ciudadana que sea influyente, tampoco es obligación, lo que ha generado una desconfianza en el sistema, y desigualdad de información con respecto a la evaluación ambiental de los proyectos, consideraciones que se tienen y como se pueden ver impactados por estos.

Por último, mencionar un proyecto que hace uso de las oportunidades de la modalidad multiusuario, "Enapac Distribución Norte", el que acaba de entrar al SEIA, que distribuirá agua desalada de uso industrial para diferentes usuarios desde Copiapó hacia Diego de Almagro (Minería Chilena, 2021). La elaboración de este proyecto es importante ya que, deja en antecedente que para una empresa es atractivo el desarrollo de la desalinización bajo esta modalidad.

6.2 Propuestas

Ahora, viendo los beneficios que tienen los sistemas multiusuarios al impacto ambiental, las oportunidades que se vislumbran en la utilización de nuevas tecnologías es necesario pensar en cómo impulsar estas oportunidades y en cómo hacer frente a los problemas que se tienen, a continuación, se proponen iniciativas con los fines mencionados.

Las propuestas van en la línea de hacerse cargo de distintas temáticas, la primera en cuanto al marco regulatorio que rige la desalinización, segundo en el incentivo a la instalación de sistemas multiusuarios, tercero en cuanto al ordenamiento territorial y cuarto en cuanto a la incertidumbre de los impactos medioambientales sobre el medio ambiente costero marino chileno.

Propuesta 1: Actualizar el marco regulatorio chileno, establecer que el agua desalinizada es un bien nacional de uso público, con la finalidad de que “las aguas” en su totalidad se encuentren bajo la tutela del estado.

También actualizar la ley de concesiones marítimas, estableciendo una concesión para la extracción, ya que el uso por parte de industrias puede ser desalinizada o no. Y en el caso que no sea el extractor de agua el último usuario, establecer una concesión de uso de agua desalinizada. Esto estableciendo alguna retribución al estado en el caso de desarrollarse con motivo de alguna actividad con fines de lucro.

En cuanto al sistema de evaluación ambiental, agregar la causal de extracción de agua de mar y de manera separada sistemas de desalinización de agua, ya que el primero no necesariamente está ligado al segundo, sobre ninguno de los impactos que generan ambas actividades se tiene una total certeza. En la misma línea, generar una metodología para la elaboración de líneas base, fijar áreas de influencia y establecer medidas de mitigación y compensación uniformes y proporcionales a las capacidades y tecnologías instaladas de las plantas.

Establecer un plan regulador para el borde costero que regule los lugares en donde se puedan instalar industrias, y en particular plantas desalinizadoras restringiendo la posibilidad de ubicarse en cualquier lugar, junto con esto hacer un plan regulador para la instalación de sistemas de transporte de agua restringiendo también los lugares donde estos puedan ser ubicados, con la finalidad de un uso ordenado y planificado del territorio, además de impulsar sistemas compartidos.

Propuesta 2: Crear una institución que se haga cargo de la desalinización teniendo como foco el desarrollo de la actividad de manera eficiente, sustentable, planificada.

- Desarrollo e investigación de nuevas tecnologías que hagan el proceso de desalinización más eficiente y de manera más ecológica, impulsando la innovación a nivel local dando financiamiento a proyectos.
- A nivel regional hacer catastros de requerimientos hídricos no que no puedan ser suplidos mediante caudales de agua continental, generando planes de instalaciones de plantas desalinizadoras y sistemas de transporte, que incluyan diferentes usuarios. De aquí la necesidad de la inclusión de la desalinización como una fuente de agua que se acople a un sistema de gestión hídrica integral.
- Crear áreas de difusión de información, en cuanto a las tecnologías y procesos que se utilizan, impactos ambientales, el porque es necesario desarrollar la actividad.
- Monitoreo del borde costero donde se encuentren plantas desalinizadoras, previo, durante y luego del funcionamiento de proyectos, con el fin de esclarecer los impactos ambientales que se generan en la costa chilena, además probar nuevas tecnologías, y establecer estándares de funcionamiento para las plantas.
- Tener la capacidad de otorgar los permisos para la instalación de plantas desalinizadoras y sistemas de transporte que se desarrollen en conjunto, privilegiando a quienes desarrollen sistemas en modalidades multiusuario. También poder que sean necesarios que tengan que ver con calidad de aguas y mantención del medio ambiente, y la capacidad de sancionar de alguna manera a quienes no cumplan con los estándares.

BIBLIOGRAFÍA

ACCIONA (sin fecha) *IDAM Adelaida | ACCIONA | Business as unusual*. Disponible en: <https://www.accionna.com/es/proyectos/idam-adelaida/> (Accedido: 9 de abril de 2021).

Aedyr (2019) *Estudios de Impacto Ambiental de las desaladoras en España*. Disponible en: <https://aedyr.com/estudios-impacto-ambiental-desaladoras-espana/> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Aedyr (sin fecha) *Estudios de Impacto Ambiental de las desaladoras en España*. Disponible en: <https://aedyr.com/estudios-impacto-ambiental-desaladoras-espana/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Almar Water Solutions (2016) “Desalination Technologies and Economics: CAPEX, OPEX and Technological Game Changers”, *Center for Mediterranean Integration: Mediterranean Regional Technical Meeting*. Disponible en:

<http://www.cmimarseille.org/sites/default/files/newsite/library/files/en/1.6.> C. Cosin_ Desalination technologies and economics_ capex%2C opex and technological game changers to come -ilovepdf-compressed.pdf.

ARCADIS (2010) *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA DESALINIZADORA MINERA CANDELARIA, Capítulo 5.9 Medio Marino. Minera Candelaria.*

Australian Water Association (sin fecha) *Desalination Fact Sheet*. Disponible en: http://www.awa.asn.au/uploadedfiles/Desalination_Fact_Sheet.pdf.

Baeza, E. y Harris, P. (2019) *La propiedad del agua desalada en Chile y otros países: Casos de España, Argelia, Estados Unidos, Australia e Israel.*

Bazargan (Editor), A. (2018) *A Multidisciplinary Introduction to Desalination*. River Publishers. Disponible en: www.riverpublishers.com.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2017) "Impacto Ambiental de Desalinización de Agua de Mar". Disponible en: <https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=42372>.

Blanquer, D. (2004) "Público y privado en el régimen jurídico de la desalación del agua", *Actualidad Jurídica (Uría & Menéndez)*, 9, p. 35.

Cabrera, E., Estrela, T. y Lora, J. (2019) "Pasado, presente y futuro de la desalación en España", *Ingeniería del agua*, 23(3), pp. 200–207. doi: 10.4995/ia.2019.11597.

Comisión Chilena del Cobre (2020) "Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2020 - 2031", p. 17. Disponible en: <http://www.mch.cl/reportes/informe-proyeccion-de-consumo-de-agua-en-la-mineria-del-cobre-2014-2025/>.

Comisión Nacional de Energía (2019) *Capacidad instalada SEN*. Disponible en: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/> (Accedido: 11 de abril de 2021).

Comisión Nacional de Riego (sin fecha) *Quiénes Somos*. Disponible en: <https://www.cnr.gob.cl/quienes-somos/> (Accedido: 25 de abril de 2021).

Cooley, H., Ajami, N. y Heberger, M. (2013) *KEY ISSUES IN SEAWATER DESALINATION IN CALIFORNIA: Marine Impacts*. Disponible en: www.pacinst.org/publication/desal-marine-impacts.

Coordinador Eléctrico Nacional (sin fecha) *Costos Marginales*. Disponible en:

<https://www.coordinador.cl/mercados/graficos/costos-marginales/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Cotler, H. *et al.* (2007) *La conservación de suelos: un asunto de interés público*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>.

DGA (sin fecha) “Dirección General De Aguas”. Disponible en: <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx> (Accedido: 25 de abril de 2021).

El diario de Los Vilos (2020) *Apoyo a pescadores: Nueva planta desalinizadora entrega 8 mil litros de agua a caleta Maitencillo en Canela*. Disponible en: <https://losviloschile.cl/actualidad/apoyo-a-pescadores-nueva-planta-desalinizadora-entrega-8-mil-litros-de-agua-a-caleta-maitencillo-en-canela/> (Accedido: 11 de abril de 2021).

Díaz, B. (2019) *Israel: de la sequía al superávit de agua | iAgua, iAgua*. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-diaz-pena/israel-sequia-al-superavit-agua> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Díaz, P. (2017) *Las claves de Israel para el manejo eficiente del agua, AGUASRESIDUALES.INFO*. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/las-claves-de-israel-para-el-manejo-eficiente-del-agua-eznc> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Dirección de Obras Hidráulicas (sin fecha) *Ministerio de Obras Públicas*. Disponible en: <http://www.doh.cl/AcercadelaDireccion/Paginas/default.aspx> (Accedido: 25 de abril de 2021).

DIRECTEMAR (sin fecha) *Misión y visión*. Disponible en: <https://www.directemar.cl/directemar/organizacion/mision-y-vision> (Accedido: 25 de abril de 2021).

EOI Escuela de Organización Industrial (2012) *Operación y mantenimiento de plantas desaladoras - YouTube*. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=_zFQxZAYNAg (Accedido: 10 de abril de 2021).

EPA South Australia (2021) *Reforms to licensing of desalination*. Disponible en: https://www.epa.sa.gov.au/articles/2013/10/15/reforms_to_licensing_of_desalination (Accedido: 26 de abril de 2021).

Fernández, I. (2019) *Consecuencias del aumento de la temperatura en los océanos y mares*. Disponible en: <https://www.greenteach.es/consecuencias-aumento-de-la-temperatura-en-los-oceanos/> (Accedido: 11 de abril de 2021).

Frank, H. *et al.* (2019) “Chronic effects of brine discharge from large-scale seawater reverse osmosis desalination facilities on benthic bacteria”, *Water Research*, 151, pp. 478–487, pp 485. doi: 10.1016/j.watres.2018.12.046.

García de Durango, Á. (2019) *En busca de una segunda vida para los residuos de la desalinización | iAgua*. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/busca-segunda-vida-residuos-desalinizacion> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Gelabert, B. (sin fecha) *El inevitable efecto de las desaladoras sobre la posidonia en Baleares - Diario de Mallorca*. Disponible en: <https://mas.diariodemallorca.es/el-inevitable-efecto-de-las-desaladoras-sobre-la-posidonia-en-baleares/> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Giraldo, H. (2020) *Seminario AMTC: “Desalinización en la minería chilena” - YouTube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=WN3uxp7TVkw> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Harris, P. N. (2015) *La desalación del agua : regímenes comparados*. Disponible en: https://www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=26846.

Hogan, T. W. (2015) “Impingement and entrainment at SWRO desalination facility intakes”, en *Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)*. Kluwer Academic Publishers, pp. 57–78. doi: 10.1007/978-3-319-13203-7_4.

Ihle, C. F. y Kracht, W. (2018) “The relevance of water recirculation in large scale mineral processing plants with a remote water supply”, *Journal of Cleaner Production*, 177, pp. 34–51. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.219.

Instituto de Salud Pública de Chile (sin fecha) *Quiénes Somos*. Disponible en: <https://www.ispch.cl/quienes-somos/> (Accedido: 25 de abril de 2021).

Jiménez Shaw, C. (2008) “Régimen jurídico de la desalación en España. Los problemas ambientales”, *Desalación de aguas con energías renovables*, pp. 81–82.

Katal, R. *et al.* (2020) “An Overview on the Treatment and Management of the Desalination Brine Solution”, en *Desalination - Challenges and Opportunities*. IntechOpen, pp. 137–144. doi: 10.5772/intechopen.92661.

Legislative Council Secretariat (2015) *Seawater desalination in Australia*.

Marchionni, V. *et al.* (2015) “Water supply infrastructure cost modelling”, *Procedia*

Engineering, 119(1), pp. 168–173. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.868.

Maria, S. *et al.* (2009) “Guía de Desalación: aspectos Técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano”, *Ministerio De Sanidad Y Política Social*, p. 16.

Meldrum, C. (2007) *Protests planned over desalination plant*, *ABC News*. Disponible en: <https://www.abc.net.au/news/2007-06-26/protests-planned-over-desalination-plant/80620> (Accedido: 26 de abril de 2021).

El Mercurio (2013) *Escondida construirá en Puerto Coloso la mayor planta desalinizadora de agua del país - MundoMaritimo*. Disponible en: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/escondida-construira-en-puerto-coloso-la-mayor-planta-desalinizadora-de-agua-del-pais> (Accedido: 10 de abril de 2021).

El Mercurio (2019) *Megasequía impulsa desarrollo de desaladoras en Chile: ya hay 24 plantas operando y hay otros 22 proyectos en diferentes etapas de avance*, *Infraestructurapublica.cl*. Disponible en: <https://www.infraestructurapublica.cl/megasequia-impulsa-desarrollo-desaladoras-chile-ya-24-plantas-operando-otros-22-proyectos-diferentes-etapas-avance/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

MetroNewsweek (sin fecha) *Las 3 desaladoras más grandes del mundo*. Disponible en: <https://www.metronewsweek.cl/las-3-desaladoras-mas-grandes-del-mundo/> (Accedido: 9 de abril de 2021).

Minería Chilena (2021) *Proyecto de distribución de Agua Desalada Multicliente en Atacama ingresa al SEIA*, *Minería Chilena*. Disponible en: <https://www.mch.cl/2021/04/27/proyecto-de-distribucion-de-agua-desalada-multicliente-en-atacama-ingresa-al-seia/#> (Accedido: 3 de mayo de 2021).

Montes, C. y González, A. (2018) *CONSUMO DE ENERGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS EN LA MINERÍA DEL COBRE AL 2017*.

Morillo, J. *et al.* (2014) “Comparative study of brine management technologies for desalination plants”, *Desalination*, 336(1), pp. 32–49. doi: 10.1016/j.desal.2013.12.038.

Nacionales (2021) *Nacionales Convertidor UF, Divisas y Noticias al Instante*. Disponible en: <https://www.nacionales.cl/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

O’Neill Ocasio, K. M. (2015) “Feeling salty? Regulating desalination plants in the United States and Spain”, *Cornell International Law Journal*, 48(2), pp. 451–479.

Pagura, C. (2019) *El método israelí: cómo superó la crisis del agua y construye*

plantas que le quitan la sal al mar, ámbito. Disponible en: <https://www.ambito.com/informacion-general/agua/el-metodo-israeli-como-supero-la-crisis-del-y-construye-plantas-que-le-quitan-la-sal-al-mar-n5022298> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Pallares, M. Á. (2017) *Israel sin sed. Nace el nuevo milagro del agua, El Universal.* Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/negocios/2017/06/13/israel-sin-sed-nace-el-nuevo-milagro-del-agua> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Plaza, A. (2019) *La desalinizadora de Torre Vieja ya produce 80 hectómetros cúbicos anuales - Alicanteplaza.* Disponible en: <https://alicanteplaza.es/la-desalinizadora-de-torre-veja-ya-produce-80-hectometros-cubicos-anuales> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Plaza Revecó, R. (2017) “¿Es necesario legislar sobre el uso del agua de mar y su desalinización? El marco jurídico actual de las aguas desaladas y el análisis de los proyectos de ley en curso”, *Revista de Derecho Ambiental*, (7), p. 60. doi: 10.5354/0719-4633.2017.46449.

Portal Minero (2019) *Desaladora ENAPAC: Región de Atacama avanza en recursos hídricos sustentables para la minería - Portal Minero.* Disponible en: <https://www.portalminero.com/wp/desaladora-enapac-region-de-atacama-avanza-en-recursos-hidricos-sustentables-para-la-mineria/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Reporte Minero (2021) “Industria minera sumará 15 plantas desaladoras de aquí a 2028”. Disponible en: <https://www.reporteminero.cl/noticia/mineria-sustentable/2021/02/industria-minera-desaladoras> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Rica, A. y Martínez, D. (2008) *Torre Vieja protesta por tierra y mar contra la mayor desaladora de Europa Los pescadores se suman el acto contra la planta que afectará a la vida marina.* Disponible en: https://www.abc.es/espana/comunidad-valenciana/abci-torre-veja-protesta-tierra-y-mar-contra-mayor-desaladora-europa-pescadores-suman-acto-contra-planta-200802100300-1641630356405_noticia.html (Accedido: 26 de abril de 2021).

Roberts, D. A., Johnston, E. L. y Knott, N. A. (2010) “Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies”, *Water Research*. Elsevier Ltd, pp. 5117–5128. doi: 10.1016/j.watres.2010.04.036.

Roldán, P. N. (sin fecha) *Coste medio - Qué es, definición y concepto | 2021 |*

Economipedia. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/coste-medio.html> (Accedido: 10 de abril de 2021).

SAG (2017) “¿Qué es y qué hace el SAG?”, p. 2013. Disponible en: <https://www.sag.gob.cl/quienes-somos/que-es-y-que-hace-el-sag%0Ahttp://www.sag.cl/quienes-somos/que-es-y-que-hace-el-sag> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Sanchis, J. (2019) *La desalinizadora de Torre Vieja tarda quince años en producir al máximo*. Disponible en: <https://www.lasprovincias.es/comunitat/desalinizadora-torre-vejia-tarda-20190926003553-ntvo.html> (Accedido: 26 de abril de 2021).

SEA (2010) *Permisos y Pronunciamientos ambientales sectoriales*, SEA. Disponible en: <https://www.sea.gob.cl/documentacion/permisos-autorizaciones-ambientales/permisos-pronunciamientos-ambientales-sectoriales> (Accedido: 25 de abril de 2021).

SEIA (sin fecha) *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental e-seia*.

Servicio de Evaluación Ambiental (2017) *Capítulo 2 Determinación y justificación del Área de influencia EIA ENAPAC*. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/archivos/2017/07/05/Capitulo_02_-_Area_de_Influencia_rev_1.pdf (Accedido: 11 de abril de 2021).

Servicio de Evaluación Ambiental (2014) “Estudio de Impacto Ambiental: ‘Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral’”, p. 25. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/archivos/2014/12/02/I_Descripcion_del_Proyecto.pdf (Accedido: 11 de abril de 2021).

Servicio de Evaluación Ambiental (2019) *Guía de Evaluación de Impacto Ambiental para la Descripción del Uso del Territorio en el SEIA*.

Servicio de Evaluación Ambiental (sin fecha a) *Ficha del Proyecto: Planta Desaladora Bahía Caldera*. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2128887240 (Accedido: 10 de abril de 2021).

Servicio de Evaluación Ambiental (sin fecha b) *Ficha del Proyecto: Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral*. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2130018787 (Accedido: 10 de abril de 2021).

Servicio de Evaluación Ambiental (sin fecha c) *Ficha del Proyecto: Proyecto Planta de Agua Potable Atacama*. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2128662033 (Accedido: 10 de abril de 2021).

Servicio de Evaluación de Ambiental (sin fecha) *Ficha del Proyecto: Módulos de desalación de agua de mar, Ventanas N° 3*. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2138194953 (Accedido: 17 de abril de 2021).

SHOA (2020) *Shoa :: Temperatura Superficial del Mar*. Disponible en: <http://www.shoa.cl/php/tsm.php?idioma=es&anno=2020&loc=15#ancla> (Accedido: 10 de abril de 2021).

Skewes, F. (2017) *RÉGIMEN JURÍDICO DE LA DESALACIÓN DE AGUA DE MAR EN CHILE. EL CARÁCTER DE BIEN DE DOMINIO PÚBLICO DEL AGUA DE MAR Y DEL BORDE COSTERO*. Universidad de Chile.

Sociedad Nacional de Minería (2020) *Mapa Minero de Chile - Sociedad Nacional de Minería*. Disponible en: <https://www.sonami.cl/v2/centro-de-documentacion/mapa-minero-impreso/> (Accedido: 10 de abril de 2021).

SUBPESCA (2020) *Panorama de la pesca artesanal, Pesca Artesanal*. Disponible en: <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-article-645.html> (Accedido: 11 de abril de 2021).

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (sin fecha) *Acerca de la Subsecretaría*. Disponible en: <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-538.html> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (sin fecha) *Asuntos Marítimos*. Disponible en: <https://www.ssffaa.cl/asuntos-maritimos/asuntos-maritimos/> (Accedido: 26 de abril de 2021).

Superintendencia de Servicios Sanitarios (sin fecha) *Misión, visión, valores*. Disponible en: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6314.html> (Accedido: 25 de abril de 2021).

UN (2019) "Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás", *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*, p. 1. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcd ef_0000367304&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_f2c52ff5-c96b-4e14-bf6a-

9967dca6721a%3F_%3D367304spa.pdf&updateUrl=updateUrl2345&ark=/ark:/4822.

UNAB (2010) “Plan de destino de Caldera.” Disponible en: http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-65583_documento.pdf.

Voutchkov, N. (2018) *Desalination Project Cost Estimating and Management*. Boca Raton : Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, plc, 2018.: CRC Press. doi: 10.1201/9781351242738.

Water Education Foundation (sin fecha) *Desalination*. Disponible en: <https://www.watereducation.org/aquapedia/desalination> (Accedido: 26 de abril de 2021).

WRI (2021) *Aqueduct Water Risk Atlas, Aqueduct*. Disponible en: https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=bws_cat&lat=44.49023351949665&lng=-733.4296703338624&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=business_as_usual&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=2 (Accedido: 25 de mayo de 2021).

ANEXOS

Anexo 1: Marco conceptual de la desalinización

“La desalación es el proceso de separación de minerales disueltos (sales) y otras sustancias indeseables contenidas en las aguas salobres o marinas, para convertirlas en agua adecuada para el consumo humano, agua apta para uso industrial o agrícola” (Maria *et al.*, 2009).

Cualquier tipo de proceso que sea utilizado para la desalinización consta de 5 etapas básicas (EOI Escuela de Organización Industrial, 2012):

- Captación: Es la etapa donde se obtiene el agua para el proceso. Puede ser un pozo, una toma abierta en el mar, etc. Esta etapa consume aproximadamente el 6% de la energía total utilizada en el proceso de desalinización.

- Pretratamiento: El agua captada posee 3 tipos de compuestos en ella; sólidos en suspensión, coloides y sólidos disueltos. Esta etapa tiene como finalidad eliminar la mayor cantidad posible de los 2 primeros grupos mencionados, esta etapa consume alrededor del 15% de la energía total del proceso.
- Proceso: Método por el cual se eliminan los sólidos disueltos del agua, puede ser por osmosis inversa, destilación, etc. Se obtiene como resultado agua desalinizada que sigue al proceso de post tratamiento y salmuera de descarte que es arrojada nuevamente al mar, es la parte del proceso más intensiva en consumo energético que ronda los 2,5 – 3 Kilowatt hora (kWh), lo que corresponde a un 70% aproximadamente.
- Post tratamiento: Es la etapa donde se le dan las características deseadas al agua procesada, en donde se agregan sales nuevamente y otros compuestos según el usuario requiera, el producto es un agua lista para el consumo.
- Bombeo: La etapa donde se transporta el agua al cliente.

Al año 2017 se producían aproximadamente 99,7 millones de metros cúbicos por día (de ahora en adelante m^3 / día) de agua desalinizada, de los cuales 77,8 millones de m^3 /día correspondiente al 78% eran por medio de la osmosis inversa, aportando también la desalinización termal con un 17%, un 3% por electrodiálisis y 2% por medio de otras tecnologías). Del total de agua desalinizada producida mundialmente el 75% es a partir de agua de mar, un 15% a partir de agua salobre y un 10% por tratamiento de aguas residuales (Voutchkov, 2018).

Anexo 2: Consulta ciudadana

SERVICIO DE EVALUACION
AMBIENTAL DE ATACAMA
FECHA 13 MAR 2015 6402

A _____



FICHA DE OBSERVACIONES CIUDADANAS

Nombre EIA: "Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral"

1.Nombre completo de la persona u organización:
O.N.G. Atacama Limpia

2.Domicilio: Arturo Prat 71

3. Ciudad: Caldera

4. Teléfono: 093229828

5. Nombre completo del Representante de la organización:

Cecilia del Pilar Martínez Díaz

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cecilia', written over a horizontal line.

FIRMA

La principal observación donde se funden todas las restantes es la ubicación del Proyecto de esta Planta Desalinizadora dado que parte de un estudio de CCIRA que no recoge toda la información y además fue un estudio del que la comunidad de Caldera no se enteró

Para comenzar, en la reunión de participación ciudadana del mes de Febrero 2015, frente a las consultas de la ciudadanía a los expositores del Proyecto, sobre si conocían los antecedentes relevantes de un informe final de la Contraloría Regional del 2012 sobre un proceso irregular en el Plano Regulador Vigente y si conocían además otro antecedente relevante un Juicio en contra del Municipio ganado en la Corte Suprema por dejar afuera a esta Zona Industrial U-14 de la Modificación del Plano Regulador que aprobó unánimemente el Concejo Municipal, los expositores respondieron que no conocían ninguno de estos antecedentes y entonces cabe solicitar que debe revisarse la ubicación de este Proyecto en esta Zona en conflicto ya que no considera las resoluciones de un poder y otro del Estado como son la Contraloría y la Justicia en relación a revisar los usos de este suelo y de su irregular proceso y posterior aprobación

Frente a este nuevo escenario que los estudios no lo contemplaron y por su implicancia y relevancia se solicita reconsiderar un cambio en la ubicación del Proyecto

Se solicita que el titular realice un acabado estudio vial, de tránsito de camiones de carga y superficies de aparcamiento, ya que sin estar funcionando ningún Proyecto nuevo se produce un caos con los vehículos de carga en las épocas del verano fundamentalmente y que además cortan el camino de conexión entre Caldera y Bahía Inglesa y obstaculizan el libre desplazamiento de vehículos particulares que quieren dirigirse al Faro atractivo turístico

Contaminación, del mar y cambio de su ecosistema natural que tienen la Bahía de Caldera y de Loreto El ducto que va al mar tiene muy poca profundidad y debe estar a mayor distancia varios Km de la costa es lo que se hace en otros países y la bahía de Loreto tiene corrientes hacia la orilla lo que dañaría la flora y fauna marina del borde costero. Los estudios presentados deben ser mas profundos y exactos Tampoco consideraron datos de los estudios de carga de las bahías de Caldera realizado por una Universidad del Norte

Los datos no pueden compararse con Antofagasta que tiene otras características muy distintas a las de nuestras Bahías de Caldera El mar en Mejillones y otras áreas marinas del norte están mucho mas contaminadas

Destrucción del paisaje propio y con gran vista al mar y muy valorado por los residentes y turistas Lugar de trayecto para llegar al Faro atractivo turístico muy visitado en nuestra comuna sobre todo por extranjeros Este antecedente esta avalado por el estudio de Plan de Destino Caldera realizado por la Universidad Andrés Bello y no aparece en los estudios que presenta el titular

Este lugar encierra un gran valor arqueológico histórico y cultural Se solicita al titular se haga un registro de los sitios arqueológicos en profundidad Esta zona cuenta con amplios sectores de sitios arqueológicos recién descubiertos y que podrían ser muchos más que los constatados según expertos arqueólogos y paleontólogos nacionales y extranjeros que están estudiando esta zona costera de Caldera y que consideran que este borde costero en



SEMPLETO DE EVALUACION
AMBIENTAL DE ATACAMA
FORMA 23 NOV 2003 3633
JF - CN

FICHA DE OBSERVACIONES CIUDADANAS

Nombre EIA: "Planta de Agua Potable Atacama"

Titular: Aqualogy Medioambiente Chile S.A

1. Nombre completo de la persona u organización: Cecilia Martínez
2. Domicilio: Los Populeiros S/N
3. Ciudad: Caldera
4. Teléfono: 93229828
5. Nombre completo del Representante de la organización:

(Nota: debe adjuntar certificado que acredite personalidad jurídica y representación de la organización)

6. Observaciones al Estudio (puede agregar más páginas si lo considera necesario):
1. No considera MP 2,5 y debe incluirse en el estudio
 2. Se debe considerar como base los resultados del proyecto que analizó el estado y carga de las Balnas de Caldera investigación de la Universidad de Antofagasta que determinó las condiciones microbiológicas de las Balnas
 3. En el estudio no se monitorea a delfines y ballenas que habitan y se desplazan por Caldera y se ven frecuentemente delfines en la bahía de Caldera Falta incluir más especies tanto marinas como terrestres. Se debe revisar la fauna terrestre como aves que habitan desde las costas de Caldera al Sur


FIRMA

sigue en la siguiente página adjunta

Plazo para realizar observaciones 30 de octubre 2013 al 28 de enero 2014

Observaciones ciudadanas del Proyecto “ Planta de Agua Potable Atacama “

- 4 * El sector donde estaría emplazado este proyecto afectaría gravemente un monumento histórico como es Fuerte Norte que estaría a escasos metros de esta Planta Desaladora Este patrimonio histórico tiene una importancia no solo a nivel local sino a nivel Nacional e Internacional ya que es parte de la Guerra del Pacífico y hoy en reconocimiento de su valor esta declarado Monumento Nacional Arqueológico
Un Patrimonio con este valor no puede ser afectado
- 5 * En la Zona del Proyecto se encuentran especies tanto de flora y fauna en estado de conservación y deben protegerse El hecho de reubicarlas en otro lugar implica una pérdida de un número importante de ellas y pocas o ninguna a veces logra adaptarse a otro hábitat que por un lado no es el propio y por otro ya se encuentra ocupado por especies propias de ese lugar
- 6 * No se considera dentro de la profundidad la del medio
- 7 * No considera o no se nombran a toda la gran gama de especies de peces y moluscos y sus huevos y larvas que hoy existen en esta gran Bahía de Caldera y lo que podría afectarse en el tiempo por la succión de agua de mar en grandes volúmenes aunque sea lenta y por la salmuera que se devuelve al mar y que en el tiempo produce la muerte de peces y otras especies marinas
- 8 * No se considera que pelágicos desovan en esta Bahía
- 9 * Se debe considerar en un estudio la reproducción y las épocas de esta reproducción en especies marinas Bentónicas y otras y revisar posible daño en el tiempo que ocasionaría esta planta Desaladora
- 10 * Considerar la presencia de larvas de Anchoqueta y Merluza
- 11 * Considerar daño al paisaje y entorno sobre todo si el Fuerte Norte será visitado tanto por residentes como por turistas
- 12 Considerar que esta Zona borde Costero de la Bahía de Caldera era de Changos Sitio arqueológico muy importante propio de nuestra identidad que representa nuestros ancestros ,nuestras raíces que deben respetarse y no modificarse ni trasladarlas a otra parte Los sitios Arqueológicos y Paleontológicos de importancia deben hoy en día conservarse in situ Se debe realizar registro de tanto sitios arqueológicos como paleontológicos existentes