



“EcoDesalación SpA”

Desalinización Sustentable para la Minería del Norte de Chile

PLAN DE NEGOCIOS PARA OPTAR AL GRADO DE

MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN

Alumno: Carolina Meruane Naranjo

Profesor Guía: Máximo Errázuriz

Santiago, Septiembre 2015

Resumen

EcoDesalación SpA es una empresa que nace para ayudar a solucionar el problema de la escasez hídrica en el norte de Chile, problema que pone en peligro el desarrollo y sustentabilidad de la minería del cobre. Nuestra propuesta es la desalinización del agua de mar como alternativa para el abastecimiento de agua dulce a los proyectos mineros que iniciarán actividades en el mediano plazo.

Dado la tendencia mundial hacia el cuidado del medio ambiente, hoy en día las empresas mineras están dispuestas a pagar por la diferenciación ecológica, debido a que esto mejora su reputación ambiental y su relación con las comunidades locales. Es por ello que nuestra apuesta es por la alimentación de la planta de desalinización con energía solar limpia y sustentable, aprovechando el potencial de generación de energía solar del desierto del norte de Chile.

Nuestra misión entonces es proveer de agua dulce a las empresas mineras en el altiplano, usando para esto energías renovables y tecnologías de última generación que minimizan los posibles impactos ambientales, cuidando así el medio ambiente en donde se emplazan sus faenas. En el largo plazo, nuestra visión es aportar al desarrollo de actividades económicas que consideren los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país.

Nuestra propuesta de negocio corresponde a la construcción y operación de una planta de desalinización de agua de mar alimentada con energía solar en la región de Antofagasta. Nuestra estrategia competitiva será la diferenciación ecológica, por ser una empresa sustentable que cuida del medio ambiente a través de la entrega de agua desalinizada con energías renovables, minimizando de esta manera los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, cuidando así su reputación ambiental y su relación con las comunidades locales.

Nuestra estrategia de entrada será participar en las licitaciones de los proyectos El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea de Codelco Norte y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte. Se estima que estos proyectos demandarán cerca de 1.000 l/s de agua desalinizada, correspondiente al 33% del aumento esperado en la demanda de agua en la región de Antofagasta para el 2021.

Como estrategia de ventas se considera obtener los permisos ambientales antes de que se abran las licitaciones de estos proyectos, de modo de garantizar la factibilidad de ejecución de los mismos y tener ventaja respecto del resto de los competidores.

El resumen asociado a la evaluación financiera del proyecto se presenta en la Tabla 1.1. Como se observa, el proyecto es económicamente viable cuando se evalúa en su estado puro, sin considerar deuda. Tomando un precio de venta de 6 US\$/m³ y una tasa de descuento del 15%, se obtuvo que para 20 años de operación el VAN del proyecto es MMUS\$282 y la TIR es de 21%. Es así como este proyecto debería ejecutarse, dado que genera ganancias por sobre la rentabilidad exigida.

Tabla 1.1 Evaluación financiera del proyecto (puro, sin deuda).

TIR (%)	21
VAN (MMUS\$)	282
ROE (Rentabilidad/Patrimonio)	24
Payback (años)	5
Tasa de descuento del equity (%)	15
Inversión inicial (MMUS\$)	-732
Valor Residual (MMUS\$)	454

Índice

Resumen	i
Índice	iii
1. Introducción	1
1.1 Oportunidad de negocio	1
1.2 Descripción de la empresa	5
1.2.1 Misión	5
1.2.2 Visión	5
2. Análisis de la industria y del mercado	6
2.1 Análisis de la industria de la minería	6
2.1 Demanda de agua en la minería	8
2.2 Análisis de la industria de la desalinización	11
2.3 Mercado potencial y estimación de la demanda	13
2.1 Conclusiones	14
3. Modelo de negocio	15
3.1 Descripción general del negocio	15
3.1 Generación del modelo de negocio	16
3.1.1 Segmentos de clientes	16
3.1.2 Propuesta de valor	17
3.1.3 Canales de distribución y comunicaciones	17
3.1.4 Relación con el cliente	18
3.1.5 Flujos de ingreso	18
3.1.6 Recursos clave	18
3.1.7 Actividades clave	19

3.1.8	Red de partners	19
3.1.9	Estructura de costos	19
3.2	Análisis de las fuerzas competitivas del sector.....	19
3.2.1	Compradores	19
3.2.2	Proveedores.....	20
3.2.3	Competidores	20
3.2.4	Análisis de las fuerzas competitivas	21
3.3	Análisis FODA.....	21
3.3.1	Análisis externo	21
3.3.2	Análisis interno	22
3.4	Estrategia de entrada, de crecimiento y de salida	22
3.1	Conclusiones	22
4.	Plan de marketing.....	24
4.1	Objetivos de marketing.....	24
4.2	Estrategia de segmentación.....	24
4.3	Estrategia de producto	24
4.4	Estrategia de precio	25
4.5	Estrategia de comunicación.....	26
4.6	Estrategia de ventas.....	26
4.7	Identidad de marca	27
4.8	Métricas para monitorear el plan de marketing	27
4.1	Conclusiones	27
5.	Plan de operaciones	29
5.1	Flujo de procesos y ubicación geográfica	29
5.2	Planta de desalinización.....	31
5.3	Planta de energía solar	34
5.4	Sistema de bombeo e impulsión	37

5.5	Conclusiones	37
6.	Plan de implementación.....	39
6.1	Actividades.....	39
6.2	Carta Gantt.....	40
7.	Gestión de personas.....	41
7.1	Equipo gestor del proyecto.....	41
7.2	Estructura organizacional	41
8.	Plan financiero	43
8.1	Supuestos.....	43
8.2	Estimación de la inversión inicial	44
8.3	Estimación de los costos de operación.....	46
8.4	Estimación de los ingresos.....	46
8.5	Estado de resultado	47
8.6	Flujo de caja	49
8.7	Balance.....	50
8.8	Evaluación financiera del proyecto.....	52
8.1	Análisis de sensibilidad	53
8.2	Conclusiones	53
9.	Responsabilidad social empresarial y sustentabilidad	54
9.1	Stakeholders	54
9.1.1	Gobierno regional:.....	55
9.1.2	Pueblos originarios:	55
9.1.3	Comunidad local:	56
9.1.4	ONGs:.....	57
9.1.5	Clientes:	58
9.1.6	Empresas proveedoras:	58
9.1.7	Empresas competidoras:	58

9.2	Valores éticos del negocio	59
9.3	Determinación de impactos.....	60
9.3.1	Planta de osmosis inversa	60
9.3.2	Planta de concentración solar	61
9.1	Conclusiones	62
10.	Riesgos críticos	63
10.1	Análisis de Riesgos	63
10.1.1	Riesgos internos.....	63
10.1.2	Riesgos externos.....	63
10.2	Plan de mitigación.....	64
10.2.1	Riesgos internos.....	64
10.2.2	Riesgos externos.....	65
10.3	Conclusiones	66
11.	Propuesta inversionista	67
11.1	Descripción de la empresa.....	67
11.1.1	Misión	67
11.1.2	Visión	68
11.2	Oferta para el inversionista	68
12.	Bibliografía.....	70
13.	Páginas web	72

1. Introducción

1.1 Oportunidad de negocio

Actualmente existe un problema de escasez hídrica en el sector norte del país. Los derechos de agua prácticamente están agotados en Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, y la demanda de agua excede a la oferta en estas regiones (ver Figura 1.1). Esto ha traído problemas entre empresas mineras, comunidades indígenas y otros sectores productivos como la agricultura. En particular, para la minería que es una de las actividades productivas de mayor importancia en Chile, el problema de escasez hídrica pone en peligro su desarrollo y sustentabilidad en el mediano plazo, de modo que se requiere explorar nuevas formas alternativas para el abastecimiento de agua.



Figura 1.1 Demanda y oferta de agua dulce en las distintas regiones de Chile (Fuente: Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, 2013).

Una alternativa viable para suplir la demanda en el norte del país es la desalinización del agua de mar, la que consiste en el tratamiento del agua de mar para extraer la sal y los demás elementos contaminantes de ella, transformándola en agua potable apta para el

consumo humano o para usos productivos (National Research Council, 2008). Esta alternativa garantiza la estabilidad en el suministro de agua frente cambios en la disponibilidad de los recursos hídricos producto de la variabilidad climática u otros factores. El problema asociado al proceso de desalinización y elevación del agua desalinizada al altiplano, es que es altamente intensivo en el consumo de energía eléctrica, por lo que junto a la planta de desalinización se debe construir una planta de generación de energía eléctrica, la que además de aumentar los costos del proyecto, tiene asociado importantes impactos ambientales cuando la generación es a base de combustibles fósiles producto de la emisión de gases efecto invernadero (National Research Council, 2008).

La preocupación respecto al impacto ambiental producto del aumento en la emisión de gases efecto invernadero, radica en el hecho que en las últimas décadas las emisiones se han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que la tendencia al calentamiento global se pueda revertir en el corto y mediano plazo (IPCC-ONU, 2013). Es por esto que la tendencia mundial va por el camino de buscar alternativas de energía renovables que ayuden a reducir las emisiones de gases efecto invernadero (IPCC-ONU, 2013).

Hoy en día existen diferentes alternativas de plantas de generación eléctrica en base a energía limpia, como son las centrales hidroeléctricas, geotérmicas, mareomotrices, eólicas y térmicas solares. En este sentido, el desierto del norte de Chile tiene uno de los potenciales de generación de electricidad por energía solar más altos del planeta (ver Figura 1.2), por lo que la generación de energía con centrales de energía solar se posiciona como una excelente oportunidad para la generación de energía limpia y sustentable en el norte de Chile.



Figura 1.2 Mapa de energía solar en América Latina, mostrando el gran potencial para la generación de energía solar del norte de Chile (Fuente: SolarGis, 2014).

Desde hace varios años que existe la idea de explotar el potencial de generación de energía con plantas de energía solar y utilizar esta energía para alimentar las plantas de desalinización. Un ejemplo de ello es que desde el 2010 en Arabia Saudí se han implementado con éxito estos sistemas. En Chile, por su parte, ya existen estudios relacionados con la factibilidad de implementación de plantas desaladoras alimentadas con energía solar en el norte de Chile (ver por ejemplo Montes, 2011), y en la región de Arica actualmente existe una pequeña planta piloto de la Fundación Chile.

Sin lugar a dudas, en esta propuesta la planta de energía solar es el elemento clave que define la viabilidad de implementación del proyecto. Esto, debido a que en los últimos años en Chile se ha detenido la inversión en infraestructura para la generación de energía, principalmente por el rechazo de las comunidades a la construcción de nuevos proyectos. Como consecuencia de esto, actualmente el precio de la electricidad en Chile es el más elevado de Sudamérica, por lo que el gobierno ha impulsado una serie de reformas e incentivos, los cuales se basan en el desarrollo de energías renovables que permitan compatibilizar la competitividad con la sustentabilidad (Ministerio de Energía, 2015). Como consecuencia de esto, se han comenzado a construir plantas de energía solar en el norte de Chile. La empresa SunEdison Inc., por ejemplo, inauguró el 2014 en la región de Atacama la planta fotovoltaica más grande de Sudamérica (Amanecer Solar CAP), la que inyecta 100 MW de energía al sistema interconectado central (SIC). También, la empresa Abengoa está construyendo en la región de Antofagasta una planta termosolar de 110 MW para proveer de energía eléctrica a las comunidades locales. Existen a su vez dos proyectos en evaluación, uno de ellos en la región de Tarapacá (Cielos de Tarapacá, 600 MW) de la empresa Valhalla, y el otro en la región de Atacama de la empresa SolarReserve, LLC (260 MW). Esta última, en base a tecnología de torre de concentración solar, promete entregar energía las 24 horas del día los 7 días de la semana, por lo que ya existe la tecnología para el problema de intermitencia en la entrega de energía.

En conclusión, actualmente el problema de escasez hídrico en el norte de Chile pone en peligro el desarrollo y sustentabilidad de la minería, y la desalinización del agua de mar es la única alternativa para el abastecimiento de agua dulce en el mediano y largo plazo. La generación de energía limpia y sustentable para alimentar la planta desalinizadora, por su parte, es una alternativa viable que compite directamente y sin subsidios con las plantas termoeléctricas en el norte de Chile. Dado la tendencia mundial hacia el cuidado del medioambiente, hoy en día las empresas mineras están dispuestas a pagar por la

diferenciación ecológica, debido a que esto mejora su reputación ambiental y su relación con las comunidades locales.

1.2 Descripción de la empresa

EcoDesalación SpA es una empresa que se dedica al rubro de la desalinización del agua de mar y distribución del agua desalinizada hacia las faenas mineras emplazadas en el sector del altiplano del norte de Chile.

Esta empresa tiene un diseño ambiental que minimiza los posibles impactos ambientales, a través de la entrega de agua dulce producida con energías renovables, considerando así los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, manteniendo de esta manera su reputación ambiental.

El equipo gestor del proyecto corresponde a un grupo de ingenieros civiles hidráulicos, con una amplia experiencia en el diseño ambiental de proyectos de ingeniería y en la gestión del recurso hídrico.

1.2.1 Misión

La misión de EcoDesalación SpA es proveer de agua dulce a las empresas mineras en el altiplano, usando para esto energías renovables y tecnologías de última generación que minimizan los posibles impactos ambientales, cuidando así el medio ambiente en donde se emplazan sus faenas.

1.2.2 Visión

En el largo plazo, la visión de EcoDesalación SpA es aportar al desarrollo de actividades económicas que consideren los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país.

2. Análisis de la industria y del mercado

2.1 Análisis de la industria de la minería

La minería chilena dispone de una cartera de proyectos de inversión por un valor de MMUS\$ 112.500. Esta cartera comprende 49 iniciativas anunciadas por compañías mineras que contemplan inversiones superiores a MMUS\$90 de inversión por proyecto, que ya se encuentran en ejecución o en fases de estudios con la intención de tomar la decisión de invertir no después del año 2017 y poner en marcha el proyecto a más tardar el año 2021. Una síntesis de la inversión contemplada se resume en la Figura 2.1.

**Inversión en la minería chilena
(Millones de dólares)**

SECTOR	Anterior a 2013	2013	2014	2015	2016	2017	Subtotal 2013 - 2017	Posterior a 2017	TOTAL	% Partic. En Total
1) Minería del Cobre (1.1 + 1.2 + 1.3)	10.386	7.701	10.401	10.977	12.805	13.024	54.908	21.425	86.718	77,0
De los cuales:										
1.1) CODELCO	3.397	3.969	4.623	4.757	4.552	4.565	22.466	4.683	30.546	27,1
1.2) Gran Minería Privada	6.765	3.613	5.390	5.586	7.454	7.735	29.778	16.357	52.899	47,0
1.3) Mediana Minería	224	119	388	634	799	724	2.664	385	3.273	2,9
2) Minería del Oro y Plata	3.394	813	1.529	2.825	4.125	4.052	13.344	5.050	21.788	19,4
3) Minería del Hierro y Min. Industriales	673	1.069	925	553	318	183	3.049	329	4.050	3,6
Inversión Total (1+2+3)	14.452	9.583	12.855	14.355	17.249	17.259	71.301	26.803	112.556	100,0

Fuente: Elaborado en COCHILCO, con antecedentes de cada proyecto disponibles en fuentes públicas

Figura 2.1 Inversión en la minería Chilena (Fuente: Cochilco, 2013a).

Del total de inversión, el 46% de la inversión provendrá de compañías chilenas, principalmente CODELCO y Antofagasta Minerals en la gran minería del cobre, así como COPEC y PUCOBRE en la mediana minería. El resto de la inversión proviene de 11 países, donde cabe destacar a Canadá (27% del total) que está a la vanguardia en los proyectos de la minería del oro, y Japón por su inversión minoritaria pero diversificada en varios proyectos además de un nuevo emprendimiento de capitales japoneses (Caserones). India y China están iniciando inversiones en la minería del hierro.

Tabla N°2: PROYECTOS EN MINERÍA DEL COBRE
(Según su inversionista principal)

INVERSIONISTA PRINCIPAL	PROYECTOS	INVERSIÓN MMUS\$	PUESTA EN MARCHA
CODELCO CHILE	OTROS PROYECTOS DE DESARROLLO	4.370	2013 - 2017
	PROYECTOS DE INFORMACIÓN	1.557	2013 - 2017
	MINA MINISTRO HALES	3.435	2013
	NUEVO NIVEL MINA	3.505	2017
	TRASPASO MINA-PLANTA	1.420	2018
	CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA	4.080	2018
	SULFUROS RT FASE II	5.430	2018
	NUEVA ANDINA FASE II	6.749	2021
Total CODELCO		30.546	
Gran Minería Privada			
ANTOFAGASTA MINERALS	ANTUCOYA	1.900	2015
	ACTUALIZACIÓN ESPERANZA	550	2015
	ENCUENTRO ÓXIDOS	600	2016
	ESPERANZA SUR (Ex TELÉGRAFO)	3.500	2017
	ENCUENTRO SULFUROS	3.500	2020
	AMPLIACIÓN LOS PELAMBRES II	7.000	2021
Tota Antofagasta Minerals		17.050	
TECK	QUEBRADA BLANCA HIPÓGENO	5.590	2017
	RELINCHO	3.900	2019
	Total TECK		9.490
Doña INÉS de COLLAHUASI	COLLAHUASI EXPANSIÓN FASE III	6.500	2019
FREEPORt McMoRan	EL ABRA MILL PROJECT	5.000	2018
BHP BILLITON	ESCONDIDA NUEVA PILA LIXIV. ÓXIDOS	721	2014
	ESCONDIDA OGP I	3.838	2015
	Total BHP BILLITON		4.559
KGHM International	SIERRA GORDA	3.900	2015
PAN PACIFIC COPPER	CASERONES	3.000	2013
CAPSTONE MINING	SANTO DOMINGO	1.800	2017
GLENORE XSTRATA	LOMAS BAYAS III SULFUROS	1.600	2017
Mediana Minería			
PUCOBRE	EL ESPINO	624	2017
	TOVAKU	600	2018
Total PUCOBRE		1.224	
HOT CHILI	PRODUCTORA	700	2018
PANAUST	INCA DE ORO	600	2017
COPEC	DIEGO DE ALMAGRO	597	2015
AMERIGO RESOURCES	VALLE CENTRAL EXPANSIÓN	152	2015
TOTAL MINERÍA DEL COBRE		86.718	2013 - 2021

Fuente: Elaborado en COCHILCO, sobre la base de los antecedentes de cada proyecto de fuentes públicas

Figura 2.2 Proyectos en minería del cobre (Fuente: Cochilco, 2013a).

La Figura 2.2 resume los proyectos, ordenada por sus principales inversionistas. El 77% de inversión en minería está destinada a la minería del cobre, por un valor global de MMUS\$ 86.718 con una cartera de 30 iniciativas, de las cuales 16 proyectos corresponden a la gran minería privada, más 6 emprendimientos de la mediana minería, mientras que CODELCO

tiene 6 proyectos estructurales, más 2 líneas de inversiones en una diversa gama de proyectos.

2.1 Demanda de agua en la minería

El agua dulce se utiliza en la minería para los procesos de hidrometalurgia, proceso por el cual se obtiene el mineral de interés a partir de reacciones químicas sobre una solución acuosa. Las cinco etapas del proceso son (Cochilco, 2015):

1. Agua mina.
2. Procesamiento de concentrados.
3. Lixiviación y obtención de cátodos SxEw.
4. Fundición y refinería.
5. Otros.

Dentro de estos procesos de hidrometalurgia, la lixiviación es uno de los más importantes, en donde se extrae el mineral que contiene el metal de forma selectiva, utilizando ácido sulfúrico, el que se disuelve en agua, de ahí la necesidad de contar con el recurso hídrico.

Debido a la escasez del agua en el norte de Chile, se ha optimizado el uso del agua para los procesos de hidrometalurgia. Sin embargo, pese esta optimización del uso del agua, para satisfacer la demanda asociada a los proyectos futuros en el mediano plazo, se requiere de un aumento en la disponibilidad de agua dulce.

Una alternativa viable es utilizar el agua de mar sin desalinizar, sin embargo, dadas las características altamente oxidantes del agua salada, todavía se prefiere utilizar agua dulce, dado que se requiere de un cambio en los materiales de construcción, los que deben soportar las condiciones extremas asociadas a la sal. Además de la corrosión, existen dos problemas adicionales al uso de agua de mar sin desalinizar. Por una parte, el mayor gasto en energía eléctrica se asocia a la elevación del agua hacia el altiplano y no a la desalinización de ésta. Por otra parte, la gran cantidad de sal que tiene el agua marina (30

kg por m^3 de agua de mar), agrega un problema adicional relacionado con los desechos que esto generaría, los cuales corresponden a 2.592 toneladas de sal al día, para una planta de 1.000 l/s, más el gasto energético que significa subir toda esta sal al altiplano.

Es así como nace la industria de la desalinización en Chile, para cubrir esta demanda de agua dulce en el norte, en donde además de no existir suficiente disponibilidad del recurso hídrico proveniente de fuentes continentales, el desarrollo económico de estas regiones producto de la actividad minera hace viable la aplicación de este tipo de solución.

En la Figura 2.3 se presenta el consumo de agua dulce proyecto al 2015, mostrando que se prevé que prácticamente el total del aumento en la demanda de agua, sea cubierto con agua de mar.

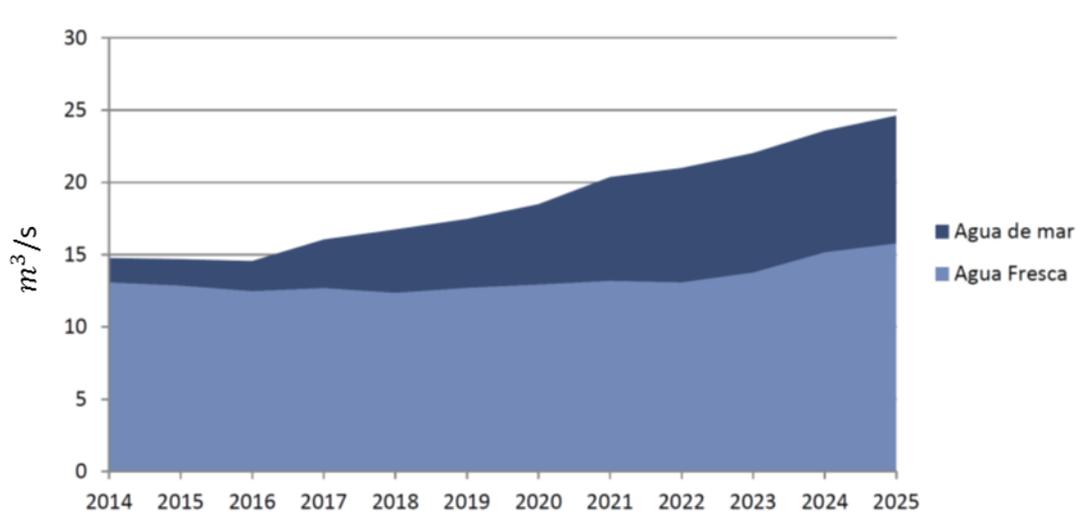


Figura 2.3 Consumo esperado de agua en la minería separado por origen (Fuente: Cochilco, 2015).

En la Figura 2.4 se presenta la demanda de agua separada por región, mostrando que la región de Antofagasta demanda cerca del 40% de la demanda total de agua fresca, siendo actualmente la región con mayor potencial para el desarrollo de la industria de la desalinización (ver Figura 2.5).

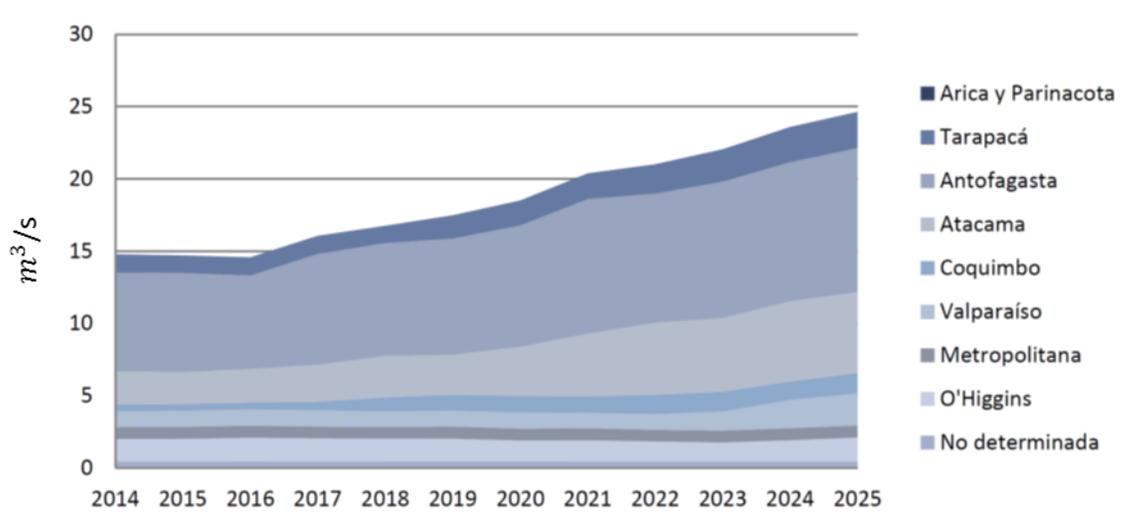


Figura 2.4 Consumo esperado de agua en la minería separado por región (Fuente: Cochilco, 2015).

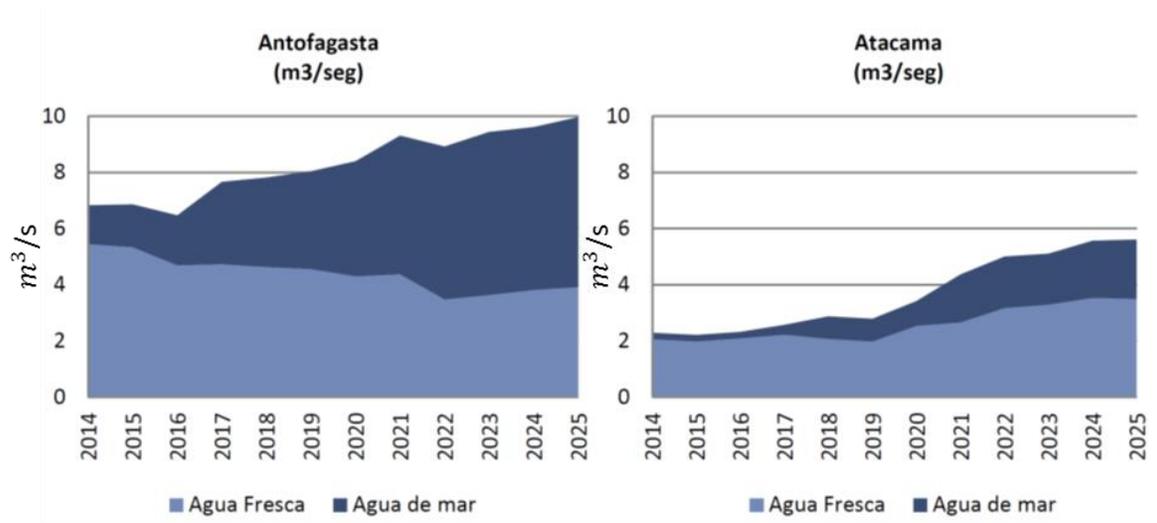


Figura 2.5 Comparación entre el consumo esperado de agua en la minería en las regiones de Antofagasta y Atacama (Fuente: Cochilco, 2015).

2.2 Análisis de la industria de la desalinización

En el norte de Chile existen tanto proyectos de desalinización ya construidos como en etapa de evaluación. La Tabla 2.1 resume los proyectos en el norte del país, en donde se observa que los tamaños de estas plantas van desde los 120 l/s hasta 3.200 l/s, siendo el proyecto de Minera Escondida el más ambicioso de todos y ubicándose además como uno de los más grandes de Sudamérica. Es importante notar que actualmente todas las plantas proyectadas consideran el uso de osmosis inversa (OI), tecnología que es bastante eficiente en términos del consumo de energía eléctrica en relación a otras alternativas como la destilación multiefecto (MED). De hecho un factor determinante que actualmente consideran las empresas mineras para evaluar la viabilidad de los proyectos de desalinización se asocia al costo de la energía eléctrica.

Tabla 2.1 Plantas de desalinización en el norte de Chile (Fuentes: Elaboración propia a partir de los estudios de Cochilco (2015) y Dirección General de Aguas (2011)).

Región	Tipo de Planta	Estado	Capacidad (l/s)	Titular
Arica	OI – Agua potable	Construido	150	Aguas Altiplano
Arica	OI- Agua Potable	Evaluación	s/i	Gobierno
Antofagasta	OI- Agua Potable	Construido	600	Aguas Antofagasta S.A.
Antofagasta	OI- Agua Potable	Evaluación	1.000	Aguas Antofagasta S.A.
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	525	Minera Escondida
Antofagasta	OI – Industrial	En construcción	3.200	Minera Escondida
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	630	Minera Esperanza
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	75	Minera Carolina de Michilla

Región	Tipo de Planta	Estado	Capacidad (l/s)	Titular
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	50	Antofagasta Minerals (Esperanza)
Antofagasta	OI – Industrial	En construcción	20	Antofagasta Minerals (Aguas Antucoya)
Antofagasta	OI – Industrial	En construcción	20	Antofagasta Minerals (Aguas Encuentro)
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	9,3	SLM Cenizas
Antofagasta	OI – Industrial	Construido	63	Minera Cuadra Chile
Antofagasta	OI – Industrial	Evaluación	1630	Codelco Norte (Sulfuros Fase II)
Atacama	OI – Industrial	Construido	300	Minera Candelaria
Atacama	OI – Industrial	Construido	120	Minera Manto Verde
Atacama	OI – Industrial	Construido	600	CAP
Atacama	OI – Industrial	Evaluación	740	Proyecto el Morro
Atacama	OI – Industrial	Evaluación	700	Teck
Atacama	OI – Industrial	Evaluación	290	Capstone

2.3 Mercado potencial y estimación de la demanda

El mercado potencial al cual se apuntará son los nuevos proyectos mineros que entrarían en operación en el futuro, dado que los que están en operación tienen asegurado sus requerimientos hídricos, a menos que cambie la regulación asociada a los derechos de agua. De estos proyectos de inversión, se seleccionaron los proyectos futuros de minería del cobre en la región de Antofagasta, por ser la región con mayor demanda de agua proyectada para las actividades mineras en el mediano plazo (ver Figura 2.4).

En la Tabla 2.2 se detalla un resumen del aumento de la demanda potencial de agua de mar desalinizada de los proyectos asociados al mercado objetivo en la región de Antofagasta, la cual se obtuvo a partir de la producción esperada y el consumo de agua asociada a esta producción (40,62 metros cúbicos por tonelada de mineral procesado, Cochilco 2013).

Tabla 2.2 Resumen del aumento de la demanda de agua proyectado en los proyectos asociados al segmento del mercado objetivo (Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Cochilco 2013b y 2015).

Proyecto	Producción esperada (miles de toneladas al año)	Consumo de agua dulce (l/s)	Año inicio operaciones
Radomiro Tomic Sulfuros	200	456	2019
Chuquicamata Subterránea	366	471	2020
El Abra Mill Project	200	580	2021
Total	766	987	

2.1 Conclusiones

La minería en el norte de Chile dispone de una cartera de proyectos de inversión por un valor de MMUS\$112.500. Esta cartera comprende 49 iniciativas anunciadas por compañías mineras que contemplan inversiones superiores a MMUS\$90 por proyecto, que ya se encuentran en ejecución o en fases de estudios con la intención de tomar la decisión de invertir no después del año 2017 y poner en marcha el proyecto a más tardar el año 2021.

Un elemento fundamental para la ejecución de esta cartera de proyectos es la disponibilidad del recurso hídrico para los procesos de hidrometalurgia asociados al proceso productivo. Debido a que actualmente existe escasez de agua en el norte de Chile (la demanda excede la oferta), es que nace la industria de la desalinización para suplir esta demanda. Actualmente, en el norte de Chile existen proyectos de desalinización ya construidos y en etapa de evaluación. Los tamaños de las plantas van desde los 120 l/s hasta 3.200 l/s, siendo el proyecto de Minera Escondida el más ambicioso de todos, ubicándose además como uno de los más grandes de Sudamérica.

Nuestra propuesta es construir una planta de desalinización de agua de mar alimentada con energía solar en la región de Antofagasta. El mercado potencial al cual se apuntará son los nuevos proyectos mineros de cobre de esta región, por ser la región con mayor demanda de agua proyectada para las actividades mineras en el mediano plazo. Los proyectos seleccionados para el abastecimiento de agua desalinizada corresponden al proyecto El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea de Codelco Norte y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte, los que proyectan una demanda del orden de 1.000 l/s de agua desalada a partir del 2019 y se encuentran emplazados en un área cercana.

3. Modelo de negocio

3.1 Descripción general del negocio

Nuestra propuesta de negocio corresponde a la construcción y operación de una planta de desalinización de agua de mar alimentada con energía solar en la región de Antofagasta, para abastecer de agua dulce a las faenas mineras que se emplazan en el altiplano. Para esto, se requiere construir una planta de desalinización, una planta de generación de energía eléctrica y un sistema de impulsión, de acuerdo al esquema de la Figura 3.1.

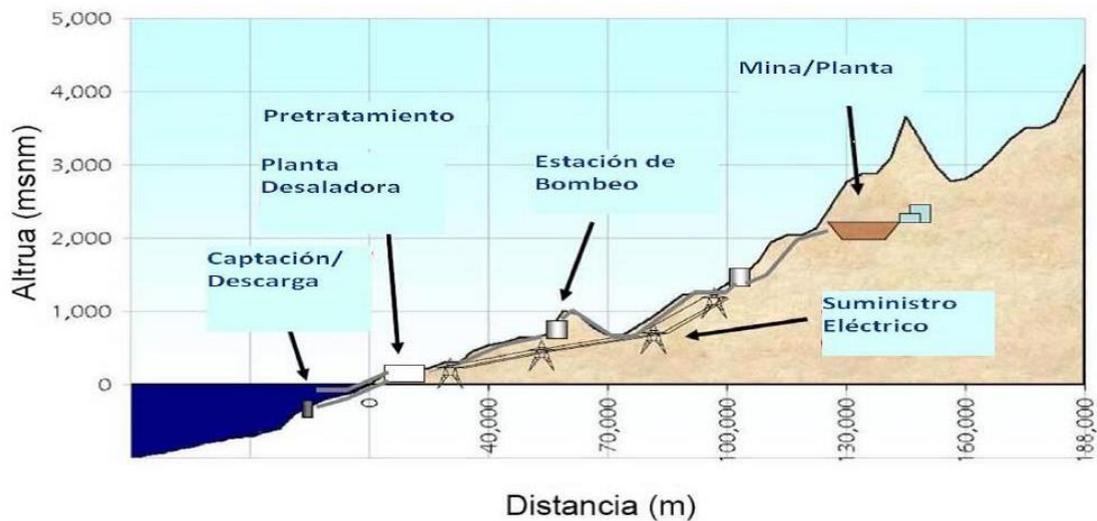


Figura 3.1 Esquema de las distintas instalaciones y plantas que se requieren para abastecer de agua dulce a las faenas mineras emplazadas en el altiplano (Fuente: Hatch Ingenieros y Consultores, Chile).

3.1 Generación del modelo de negocio

Un esquema de la generación del modelo de negocio se presenta en la Figura 3.2.

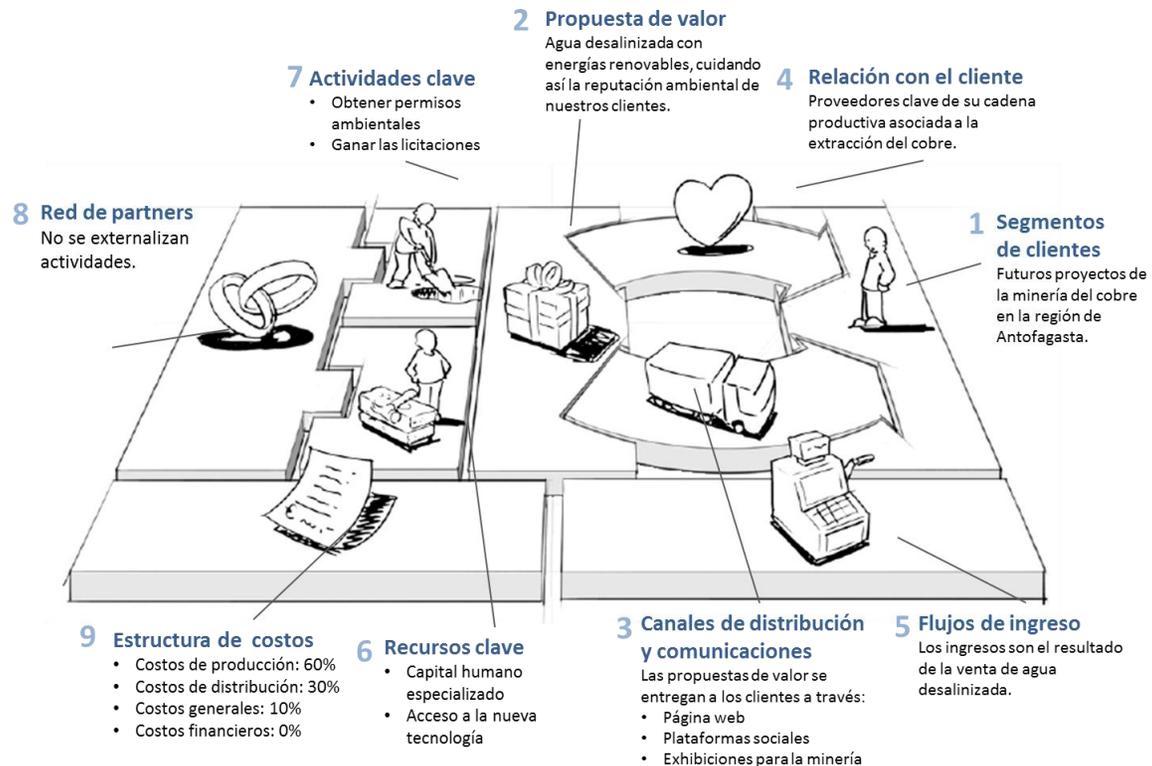


Figura 3.2 Esquema de la generación del modelo de negocio. (Fuente: Elaboración propia).

A continuación se detallan cada una de las actividades clave para la generación del modelo de negocio.

3.1.1 Segmentos de clientes

De acuerdo a la justificación detallada en la sección anterior, del total de proyectos de inversión en minería a lo largo de Chile, se seleccionó los proyectos de inversión de la minería del cobre de la región de Antofagasta, por ser la región con mayor demanda de agua dulce proyectada para las actividades mineras en el mediano plazo. Es así como nuestros clientes son:

1. Compañía Minera Zaldívar
2. CODELCO División Chuquicamata
3. CODELCO División Gabriela Mistral
4. CODELCO División Ministro Hales
5. CODELCO División Radomiro Tomic
6. Minera Escondida Ltda.
7. SCM El Abra

Particularmente, los proyectos futuros en los que tenemos contemplado participar corresponden a El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte.

3.1.2 Propuesta de valor

Nuestra estrategia de diferenciación será la sustentabilidad, entregando agua desalinizada con energías renovables, minimizando de esta manera los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, cuidando así su reputación ambiental. Para esto, se utilizará energía eléctrica generada por una planta de energía solar y se minimizarán los posibles impactos ambientales con un diseño de ingeniería sustentable.

3.1.3 Canales de distribución y comunicaciones

La propuesta de valor se entregará a los clientes a través del portal web de la empresa y de las plataformas sociales como LinkedIn, Facebook y Twitter, como también en presentaciones y reuniones con los clientes. También, se participará de las exhibiciones para la minería como son el Exponor Chile, que se desarrolla cada 2 años en Antofagasta, y en el International Congress on Water in Mining que se desarrolla cada 2 años en diferentes ciudades de Chile.

3.1.4 Relación con el cliente

La relación con el cliente será muy cercana, dado que nos convertiremos en los proveedores clave de su cadena productiva asociada a la extracción del cobre.

3.1.5 Flujos de ingreso

El flujo de ingresos proviene de la venta del agua desalinizada. De acuerdo a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (2015), el precio de la venta de agua en el altiplano de la región de Antofagasta llega hasta 6 US\$/m³, particularmente este es el precio al cual se transa el agua de pozo en el sector altiplánico.

Actualmente no existen empresas que provean de agua desalada a las faenas mineras en la región de Antofagasta, por lo que no es posible hacer un análisis de la competencia en términos de sus precios. Por este motivo, se asume como precio de venta, el valor que actualmente pagan las empresas mineras por el agua de pozo en el altiplano, correspondiente a 6 US\$/m³. Al ser el precio que actualmente pagan estas empresas, este precio no debería suponer un cambio en la rentabilidad esperada de sus proyectos.

3.1.6 Recursos clave

Los recursos clave son:

1. El capital humano avanzado, particularmente ingenieros especializados en el tratamiento y distribución del agua, como en la generación de energía eléctrica a partir de plantas solares.
2. Otro recurso clave es el acceso a la nueva tecnología que permita la implementación de plantas de energía solar para la alimentación eléctrica, y las plantas desalinización del agua de mar.

3.1.7 Actividades clave

Las actividades claves son:

1. Obtener una concesión marítima y de uso oneroso para emplazar el proyecto.
2. Obtener la resolución de calificación ambiental (RCA) en el sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), que aprueba la ejecución del proyecto.
3. Ganar las licitaciones de venta de agua con alguno de los proyectos mineros proyectados antes de iniciar la construcción del proyecto.

3.1.8 Red de partners

No se externalizarán actividades, de modo que no se requiere tener una red de socios.

3.1.9 Estructura de costos

La distribución de costos se estima de la siguiente manera:

- Costos de producción: 60 %
- Costos de distribución: 30 %
- Costos de apoyo o generales: 10 %
- Costos financieros (se evalúa sin deuda): 0 %

3.2 Análisis de las fuerzas competitivas del sector

A continuación se detallan las fuerzas competitivas del sector.

3.2.1 Compradores

1. Compañía Minera Zaldívar
2. CODELCO División Chuquicamata
3. CODELCO División Gabriela Mistral
4. CODELCO División Ministro Hales
5. CODELCO División Radomiro Tomic
6. Minera Escondida Ltda.

7. SCM El Abra

3.2.2 Proveedores

1. Siemens AG.
2. VVF Technology
3. Acciona
4. Cadagua
5. SolarReserve, LLC.
6. eSolar, Inc.
7. BrightSource Energy, Inc.
8. AORA Solar Ltd.
9. Torresol Energy Investments, S.A.
10. Greenway CSP

3.2.3 Competidores

Actualmente no existen empresas que provean de agua desalada a las faenas mineras en la región de Antofagasta, por lo que no es posible hacer un análisis de la competencia en términos de su estrategia de diferenciación. Las empresas internacionales que están elaborando estudios de pre-factibilidad de desalinización en Chile son:

1. Aguas Antofagasta S.A.
2. Seven Seas Water
3. Osmoflo SpA
4. Veolia Water Technologies

3.2.4 Análisis de las fuerzas competitivas

Una síntesis del análisis de las fuerzas competitivas del sector se presenta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados del análisis de las fuerzas competitivas de Porter.

	No atractivo	Medio	Atractivo
Barreras de entrada	0%	9%	91%
Barreras de salida	40%	20%	40%
Poder de los compradores	0%	20%	80%
Poder de los proveedores	25%	13%	63%
Rivalidad competitiva	8%	23%	69%
Sustitutos	29%	29%	43%
Promedio general	17%	19%	64%

3.3 Análisis FODA

3.3.1 Análisis externo

Las oportunidades externas se relacionan con los avances tecnológicos. Hoy en día es posible combinar energías renovables con la desalinización, lo cual no sólo permite bajar los costos de manera importante, sino que además reducir los impactos ambientales. Desde el 2010 Arabia Saudí ha implementado con éxito estos sistemas.

Las amenazas externas corresponden a la dificultad para la obtención de los permisos ambientales. Particularmente para desarrollar las actividades se requiere:

- Obtener una concesión marítima y de uso oneroso para emplazar el proyecto.
- El proyecto se debe someter al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA).

3.3.2 Análisis interno

Las fortalezas de la empresa son:

- Equipo de trabajo con conocimiento acabado sobre el manejo y gestión del recurso hídrico.
- Proyecto que minimiza los posibles impactos ambientales.

Como debilidades se tiene que el proyecto requiere de un contrato de venta de agua con un proyecto minero, por lo que se debería negociar este financiamiento antes de iniciar la construcción.

3.4 Estrategia de entrada, de crecimiento y de salida

Como estrategia de entrada se considera participar en las licitaciones públicas y privadas asociadas a la producción de agua desalinizada.

Como estrategia de crecimiento, por otra parte, se considera ir a la vanguardia en la implementación de nuevas tecnologías con energías renovables, de modo de minimizar los costos de producción al mismo tiempo de garantizar un mínimo en los impactos ambientales negativos asociados a la producción.

Finalmente, como estrategia de salida se considera una vida útil de 20 años, asociado al horizonte de tiempo de un proyecto de minería, al término de este período se evaluará si vender la empresa o no.

3.1 Conclusiones

Nuestra propuesta de negocio corresponde a la construcción y operación de una planta de desalinización de agua de mar alimentada con energía solar en la región de Antofagasta, para abastecer de agua dulce a las nuevas faenas mineras que se emplazarán en el sector altiplánico de esta región.

Nuestra estrategia de entrada será participar en las licitaciones de los proyectos El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea de Codelco Norte y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte.

Nuestra estrategia competitiva será la **diferenciación ecológica**, por ser una empresa sustentable que cuida del medio ambiente a través de la entrega de agua desalinizada con energías renovables, minimizando de esta manera los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, cuidando así su reputación ambiental. Esta propuesta de valor se entregará a los clientes a través del portal web de la empresa y de las plataformas sociales, como también en las exhibiciones para la minería.

Como actividades clave se tiene ganar una licitación y obtener los permisos ambientales para la construcción del proyecto. Los recursos clave, por su parte, corresponden al capital humano avanzado y el acceso a la nueva tecnología.

Finalmente, el resultado del análisis de las fuerzas competitivas muestra que el negocio sería atractivo.

4. Plan de marketing

4.1 Objetivos de marketing

El objetivo principal del plan de marketing es la creación de valor para el cliente a través de la entrega de agua dulce producida con energías renovables, considerando así los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, manteniendo de esta manera su reputación ambiental.

4.2 Estrategia de segmentación

Como se expuso en la sección 2, del total de proyectos de inversión en minería a lo largo de Chile, se seleccionó los proyectos de inversión de minería del cobre de la región de Antofagasta, por ser la región con mayor demanda de agua proyectada para las actividades mineras en el mediano plazo.

Nuestra estrategia de entrada será participar en las licitaciones de los proyectos El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea de Codelco Norte y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte.

4.3 Estrategia de producto

Como estrategia de producto se entregan soluciones de desalinización para atender la necesidad de agua dulce para la minería de la región altiplánica de Antofagasta, que considera el uso de energías renovables y un diseño de ingeniería focalizado en la minimización de los impactos ambientales, contribuyendo así con el desarrollo de una minería sustentable.

4.4 Estrategia de precio

Posiblemente nuestro producto se encuentre en el rango superior de precios, debido a que nuestra diferenciación será por una producción sustentable y amiga con el medio ambiente, más que una minimización de los costos de producción a costa de una mayor emisión de gases efecto invernadero. Esto probablemente garantice la aprobación ambiental del proyecto y por tanto su ejecución.

Un ejemplo de una empresa que está utilizando con éxito esta estrategia es la empresa Valhalla, cuyos fundadores levantaron fondos para construir un proyecto de energía hidráulica y solar en la región de Tarapacá, el que ha tenido una muy buena acogida por ser energía limpia y sustentable. Pasó casi sin revisiones en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y consiguió la inversión necesaria pese a ser un proyecto con un capital de inversión millonario (<http://valhalla.cl/en/historia/>).

En cuanto al precio de venta, como se explicó en la sección anterior, el precio de la venta de agua dulce en el altiplano de la región de Antofagasta llegaría hasta 6 US\$/m³ (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2015), particularmente este es el precio al cual se transa el agua de pozo en el sector altiplánico.

Actualmente no existen empresas que provean de agua desalada a las faenas mineras en la región de Antofagasta, por lo que no es posible hacer un análisis de la competencia en términos de sus precios. Por este motivo, se asume como precio de venta el valor que actualmente pagan las empresas mineras por el agua de pozo en el altiplano, correspondiente a 6 US\$/m³.

4.5 Estrategia de comunicación

Nuestra propuesta de valor será comunicada usando como diferenciación la estrategia de **eco-branding**, esto es, una empresa que opera de forma sustentable y que se focaliza en reducir sus impactos ambientales.

Esta propuesta de valor se entregará a los clientes a través del portal web de la empresa y de las plataformas sociales como LinkedIn, Facebook y Twitter, como también en presentaciones y reuniones con los clientes. También, se participará de las exhibiciones para la minería como son el Exponor Chile, que se desarrolla cada 2 años en Antofagasta, y en el International Congress on Water in Mining que se desarrolla cada 2 años en diferentes ciudades de Chile.

A través de estos canales de comunicación, se presentará la misión de la empresa, relacionada con proveer de agua dulce a las empresas mineras en el altiplano de la región de Antofagasta, usando para esto energías renovables y tecnologías de última generación que minimizan los posibles impactos ambientales. También, se presentará la visión, como objetivo de largo plazo, relacionado con el desarrollo de actividades económicas que consideran los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país.

4.6 Estrategia de ventas

Para las ventas se considera participar en las licitaciones privadas de los proyectos mineros. Para esto, debemos trabajar fuertemente en el awareness de nuestra empresa, dado que estas licitaciones son cerradas, por lo que debemos lograr que nos inviten a participar. Una posibilidad podría ser tramitar los permisos ambientales antes de que se abran las licitaciones de los proyectos mineros, de modo de garantizar la ejecución del proyecto.

4.7 Identidad de marca

Nos posicionaremos como una empresa que colabora con el desarrollo sustentable de la minería, a través de la entrega de agua dulce producida con energías renovables. Nuestro logotipo considera los dos elementos clave de nuestros procesos, por una parte el sol para la generación de energía limpia, y por otra parte nuestro producto final el agua dulce.



Figura 4.1 Esbozo del logotipo de la empresa.

4.8 Métricas para monitorear el plan de marketing

La efectividad en el plan de marketing se verá reflejada en el número de licitaciones que nos inviten a participar; es decir, se considera que el plan de marketing fue efectivo si las empresas mineras nos invitan a participar en sus licitaciones.

4.1 Conclusiones

El objetivo principal del plan de marketing es la creación de valor para el cliente a través de la entrega de agua dulce producida con energías renovables, considerando así los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, manteniendo de esta manera su reputación ambiental.

Nuestra propuesta de valor será comunicada usando como diferenciación la estrategia de **eco-branding**, esto es, una empresa que opera de forma sustentable y que se focaliza en reducir sus impactos ambientales. Esta propuesta de valor se entregará a los clientes a

través del portal web de la empresa y de las plataformas sociales como LinkedIn, Facebook y Twitter, como también en presentaciones y reuniones con los clientes. También, se participará de las exhibiciones para la minería como son el Exponor Chile, que se desarrolla cada 2 años en Antofagasta, y en el International Congress on Water in Mining que se desarrolla cada 2 años en diferentes ciudades de Chile.

Como estrategia de ventas se considera obtener los permisos ambientales antes de que se abran las licitaciones de los proyectos mineros, de modo de garantizar la ejecución de los proyectos.

Finalmente, la efectividad en el plan de marketing se verá reflejada en el número de licitaciones en las que nos inviten a participar.

5. Plan de operaciones

5.1 Flujo de procesos y ubicación geográfica

El flujo de operaciones para obtener y transportar el agua desalinizada tiene 3 componentes: una planta de desalinización, una planta de generación de energía y un sistema de impulsión (Figura 5.1). Primero se obtiene energía eléctrica a partir de una planta de energía solar, y la energía generada se utiliza para abastecer a la planta de desalinización y al sistema de impulsión del agua desde la costa al sector altiplánico. Un elemento adicional que debe ser considerado dentro del diseño de bombeo e impulsión, es la línea de alta tensión que lleva la energía eléctrica a los diferentes puntos de bombeo.

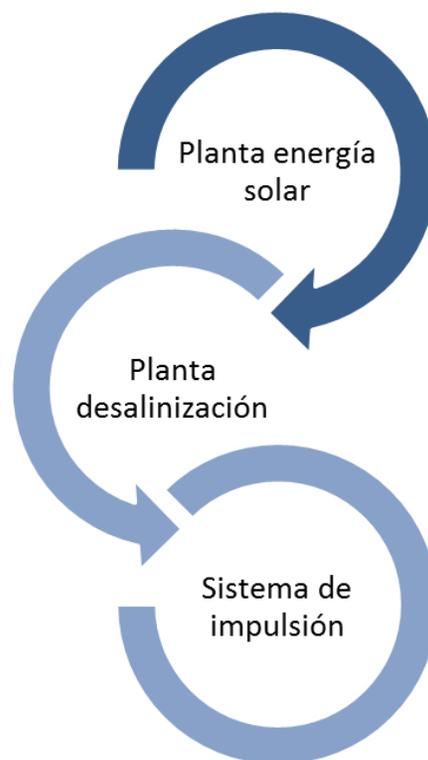


Figura 5.1 Diagrama de procesos.

Dado que los proyectos en carpeta en la región de Antofagasta se encuentran emplazados en el entorno de la ciudad de Calama (El Abra Mill Project, Chuquicamata Subterránea y Radomiro Tomic Sulfuros, ver Tabla 2.2), se proyecta llevar el agua desalada a esta área. Es así como la planta de desalinización debería ubicarse en el sector costero, en el entorno de la ciudad de Tocopilla. La planta de energía solar, por su parte, debería ubicarse en el desierto de Atacama, y finalmente el sistema de bombeo e impulsión debería seguir el trazado del camino entre las ciudades de Tocopilla y Calama como se esquematiza en la Figura 5.2.

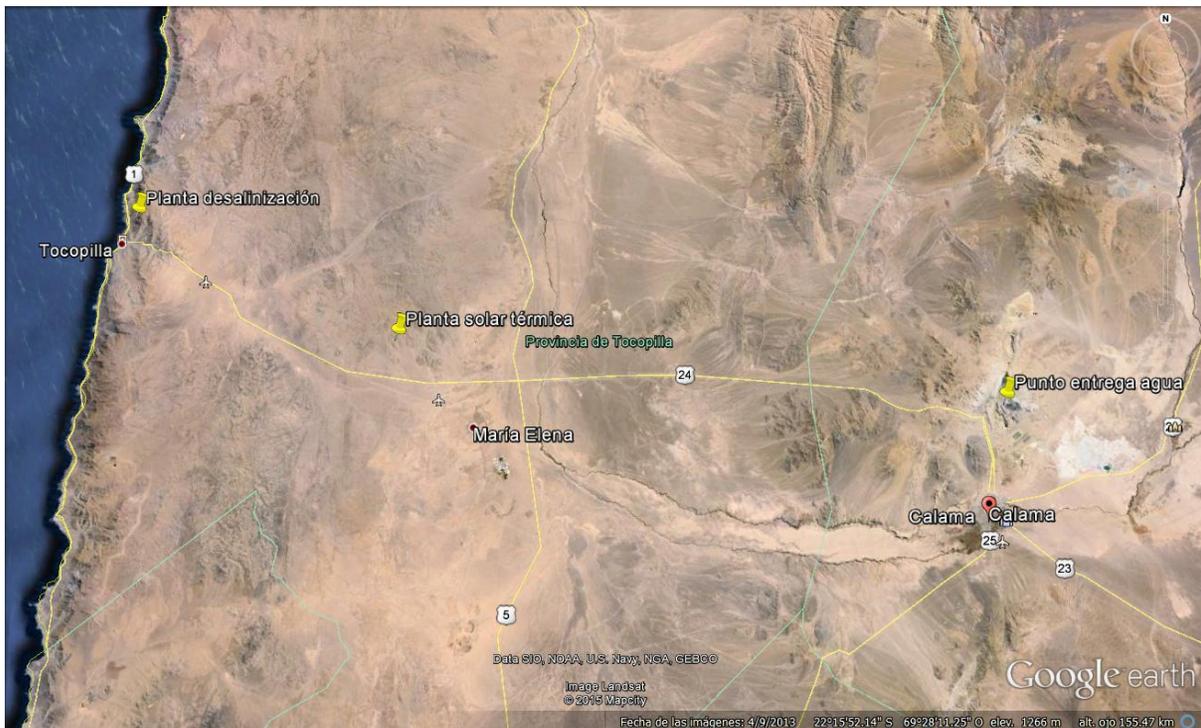


Figura 5.2 Esquema de ubicación geográfica de la planta de desalinización, la planta de energía solar y la red de abastecimiento, entre las ciudades de Tocopilla y Calama en la región de Antofagasta.

5.2 Planta de desalinización

La desalinización o desalación del agua de mar es un proceso mediante el cual se extrae la sal y los demás elementos contaminantes del agua, transformándola en agua potable apta para el consumo humano o para usos productivos (National Research Council, 2008). Debido al consumo de energía relativamente alto asociado al proceso de desalinización, los costos de la desalinización del agua de mar son generalmente más altos que otras alternativas como la extracción del agua dulce desde los ríos o desde pozos de bombeo de aguas subterráneas, por lo que esta alternativa se utiliza en zonas donde no hay disponibilidad de recursos hídricos (ver Figura 5.3)

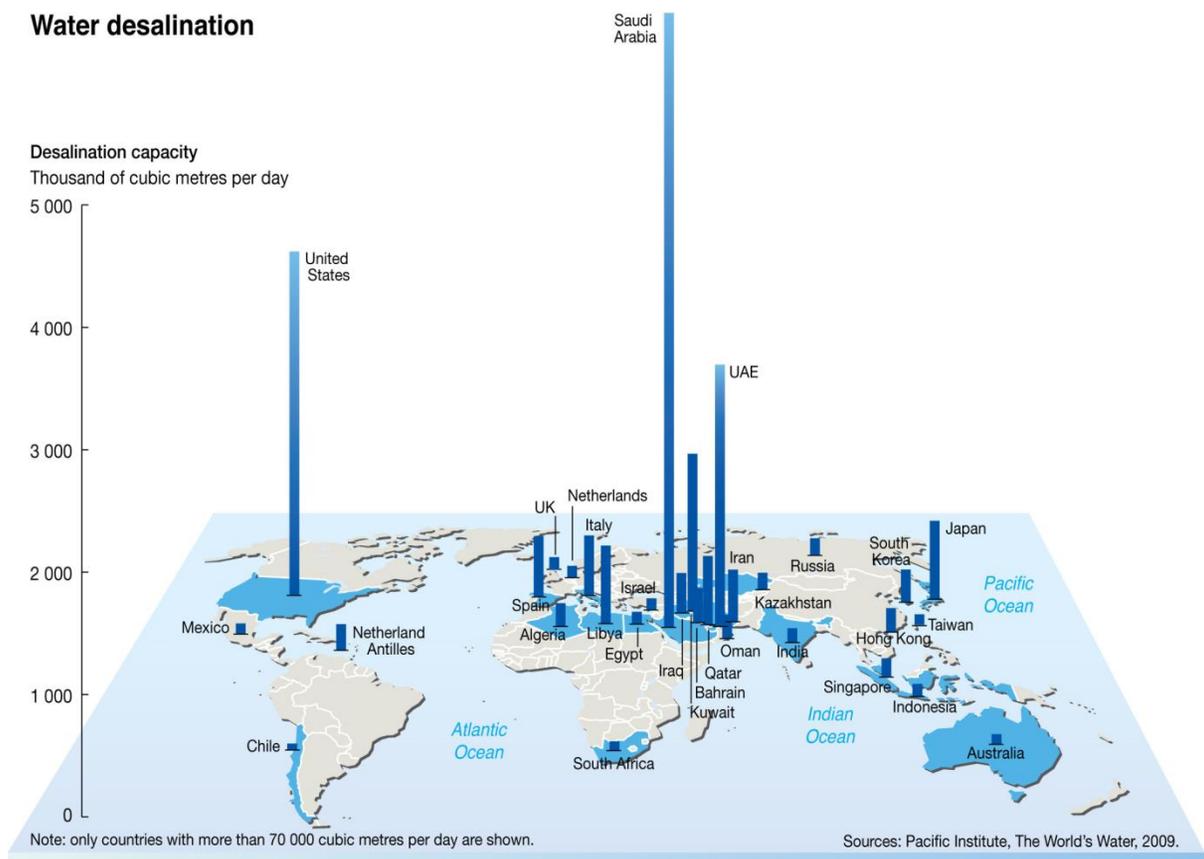


Figura 5.3 Distribución mundial de abastecimiento por agua desalinizada (Fuente: Pacific Institute, The World's Water, 2009).

Las tecnologías más utilizadas para la desalinización de agua de mar son la osmosis inversa (OI), la destilación multiefecto (MED), compresión mecánica del vapor (MVC) y evaporación relámpago (MSF). En la Tabla 5.1 se presenta una comparación de los requerimientos de energía necesarios para el proceso de desalinización, mostrando que la osmosis inversa es el tratamiento menos costoso en términos energéticos. Debido a esto, actualmente la osmosis inversa es la tecnología más utilizada a nivel mundial.

Tabla 5.1 Comparación de los requerimientos de energía necesarios para el proceso de desalinización asociados a diferentes tecnologías: osmosis inversa (OI), destilación multiefecto (MED), compresión mecánica del vapor (MVC) y evaporación relámpago (MSF). (Fuente: DESWARE, 2013).

	OI	MED	MVC	MSF
Energía eléctrica total (kWh/m³)	3,0-5,5	6,5-11,0	7,0-12,0	13,5-25,5

El proceso de osmosis inversa consiste en forzar el paso del agua salada a través de una membrana semi-permeable mediante la aplicación de presión. Como resultado se obtiene un 40% de agua dulce y un 60% de salmuera hiper-concentrada, la que es devuelta al mar. La ósmosis inversa tiene algunas restricciones asociadas a la calidad del agua, principalmente sobre las concentraciones de arsénico, sílice y boro, por lo que el agua de mar requiere de un pre-tratamiento antes de pasar por el proceso de OI, lo que eleva un poco los costos energéticos. Las membranas, por su parte, tienen problemas de biofouling (acumulación de microorganismos), y en general su vida útil no supera los 5 años (National Research Council, 2008). Pese a los inconvenientes de la OI, esta tecnología sigue siendo la más utilizada a nivel mundial, principalmente por su bajo consumo energético, de modo que se escogió esta tecnología como alternativa de desalinización. En la Figura 5.4 se muestra ejemplo de una planta OI.



Figura 5.4 Maqueta de una planta OI (Fuente: Kable, 2015).

En cuanto a los proveedores de plantas de desalinización por osmosis inversa, en la Tabla 5.2 se presenta un catastro de las empresas que se dedican al desarrollo de esta tecnología.

Tabla 5.2 Catastro de empresas que se dedican al desarrollo plantas de desalinización por osmosis inversa (Fuente: Elaboración propia).

Empresa	web
Siemens AG	www.siemes.com
VVF Technology	www.aquasolengineering.com
Acciona	www.acciona.com
Cadagua	www.cadagua.es

En cuanto a la capacidad de producción de la planta de OI, ésta será de **1.000 l/s**. Este valor se obtuvo de considerar la demanda esperada de los proyectos que se ubicarán en el sector norte de Antofagasta y que tienen programado iniciar sus faenas después del 2019 (ver Tabla 2.2).

Finalmente, se estima un costo de inversión para la planta desaladora de **MMUS\$72**, valor que se obtuvo de considerar un valor referencial de 740 EU/(m³/día) (WaterReuse Association, 2012).

5.3 Planta de energía solar

Sin lugar a dudas, la planta de energía solar es el elemento clave que define la viabilidad del proyecto. Esto, debido a que en los últimos años en Chile se ha detenido las inversiones en infraestructura para la generación de energía, principalmente por el rechazo de las comunidades a la construcción de los nuevos proyectos. Como consecuencia de esto, el precio de la electricidad se ha duplicado en los últimos 10 años, siendo el más elevado de Sudamérica (Ministerio de Energía, 2015).

Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, actualmente se utilizan dos tipos de tecnologías: las plantas solares fotovoltaicas (paneles solares) y las plantas de energía solar térmica.

Las plantas de energía fotovoltaicas generan energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, los que captan la radiación solar para transformarla en energía eléctrica a través de células fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores. En la Figura 5.5 se muestra un ejemplo de una planta solar fotovoltaica.

Las plantas de energía solar térmica, por su parte, utilizan el mismo principio que las centrales termoeléctricas, en donde a través del calentamiento de un fluido se produce el movimiento de un alternador que genera la potencia necesaria para generar electricidad. En este caso, en vez de utilizar combustibles fósiles para el proceso de calentamiento, se

utiliza energía limpia proveniente de la radiación solar. En la Figura 5.6 se muestra un ejemplo de una planta solar térmica.



Figura 5.5 Imagen de una planta solar fotovoltaica (Fuente: SunEdison, 2014).



Figura 5.6 Imagen de una planta de concentración de energía solar térmica (Fuente: SolarReverse, LLC., 2015).

La ventaja de la planta de concentración de energía solar es que mediante la tecnología de sales fundidas, puede operar incluso en las horas en que no hay sol; sin embargo, los costos de inversión de estas plantas son del orden del doble que las plantas fotovoltaicas. Una alternativa para generar energía las 24 hrs. a un costo de inversión menor es combinar ambas tecnologías. Este esquema es el que propone utilizar SolarReverse, LLC.

para la planta de 260 MW de Copiapó, en la que se considera una inversión de MMUS\$ 2.000.

En cuanto a los proveedores de plantas de concentración de energía solar y paneles fotovoltaicos, en la Tabla 5.3 se presenta un catastro de algunas empresas que se dedican al desarrollo de estas tecnologías.

Tabla 5.3 Catastro de empresas que se dedican al desarrollo de torres de concentración solar y paneles fotovoltaicos (Fuente: Elaboración propia).

Empresa	web
SolarReverse, LLC	www.solarreserve.com
eSolar, Inc.	www.esolar.com
BrightSource Energy, Inc.	www.brightsourceenergy.com
AHORA Solar Ltd.	www.aora-solar.com
Torresol Energy Investments, SA	www.torresolenergy.com
Greenway CSP	www.greenwaycsp.com

En cuanto a la capacidad de producción de la planta, se estima un tamaño de planta de **65 MW**. Esto corresponde a la suma de la energía necesaria para la planta de desalinización y el sistema de impulsión del agua hacia el altiplano. La energía necesaria para la planta de osmosis inversa se estimó como un valor intermedio dentro del rango normal de consumo, esto es, 4,2 kWh/m³ (ver Tabla 5.1), por lo que se requiere de 4.2 kWh/s para producir 1.000 l/s, lo que corresponde a 15 MW. La energía requerida para el sistema de impulsión, por su parte, es del orden de 50 MW, la que se estimó con la diferencia de altura (3000 m), considerando las pérdidas de carga a lo largo del ducto (de largo 150 km).

Finalmente, se estima un costo por la planta de energía solar de **MMUS\$500**, valor que se obtuvo de considerar un valor proporcional al costo de inversión de SolarReserve por el mismo sistema en Copiapó (MMUS\$2.000 por una producción de 260 MW).

5.4 Sistema de bombeo e impulsión

El proyecto considera la instalación de un acueducto entre la planta desalinizadora y el sector de abastecimiento en el altiplano, que se ubica a 3.000m sobre el nivel del mar. Específicamente, se consideran uno o varios ductos, varias estaciones de bombeo de alta presión, subestaciones eléctricas asociadas y las líneas de transmisión de alto voltaje que se extenderán a lo largo del trazado del ducto entre las ciudades de Tocopilla y Calama.

En relación a los costos de inversión, como referencia encontramos los resultados de la licitación de Minera Escondida para el diseño y construcción del sistema de bombeo e impulsión de la planta de desalinización de 2.500 l/s que se ubicará en Puerto Coloso (en la costa sur Antofagasta). Esta licitación fue adjudicada el 2013 a la empresa Bechtel por un monto total de MMUS\$ 143,7, proyecto que considera la instalación de dos tuberías, cuatro estaciones de bombeo de alta presión, un embalse en el área de la mina e infraestructura de transmisión de energía eléctrica para el correcto funcionamiento del sistema. El trazado tiene 185 km de largo y el agua es llevada a 3100 msnm. Dada la similitud en cuanto a longitud del trazado y la diferencia de altura entre la planta desalinizadora y las faenas mineras con nuestro proyecto, es que se utilizarán los costos de inversión de esta licitación como referencia, los que da una inversión de **MMUS\$58** para la construcción del sistema de bombeo e impulsión.

5.5 Conclusiones

El flujo de operaciones para obtener y transportar el agua desalinizada tiene 3 componentes: una planta de desalinización, una planta de generación de energía y un sistema de impulsión.

La planta de desalinización se ubicará en la costa en la ciudad de Tocopilla y se utilizará la tecnología de osmosis inversa, por ser el tratamiento del agua de mar menos costoso en términos energéticos. La planta de energía solar se ubicará en el desierto de Atacama, y para la generación de energía eléctrica se utilizará una planta solar híbrida que combina la

tecnología de paneles solares y planta térmica solar, la que permite producir las 24 horas del día. Finalmente, el sistema de impulsión consiste uno o varios ductos, varias estaciones de bombeo de alta presión, subestaciones eléctricas asociadas y las líneas de transmisión de alto voltaje que se extenderán a lo largo del trazado del ducto entre las ciudades de Tocopilla y Calama. El diseño de ingeniería preliminar se resume en la Tabla 5.4 mientras que los costos totales de inversión se resumen en la Tabla 5.5.

Tabla 5.4 Resumen del diseño de ingeniería preliminar presentado en la sección 5 (Fuente: Elaboración propia).

Planta	Capacidad de diseño	Área de emplazamiento
Planta desalinización	1.000 l/s	400 ha
Planta energía solar	65 MW	100 ha
Sistema de impulsión	1.000 l/s	150 km-largo y 3.000 m-altura

Tabla 5.5 Costos de inversión inicial (Fuente: Elaboración propia).

Planta	Costo (MMUS\$)	Costo referencial	Fuente
Planta desalinización	72,3	740 EU\$/(m ³ /día)	WaterReuse Association (2012)
Planta energía solar	500,0	2.000 MMUS\$/260MW	Solar Reserve Copiapó (2014)
Sistema de impulsión	57,8	144 MMUS\$/(2,5m ³ /s)	Licitación Minera Escondida (2013)
Terrenos	88,7	4,5 UF/m ² rural	Portal inmobiliario
Estudios	1,6	Experiencia propia	Estudios de ingeniería civil ambiental

6. Plan de implementación

6.1 Actividades

Las actividades que se deben desarrollar antes de que el proyecto entre en operación se pueden dividir en dos etapas: la Etapa I para el diseño de ingeniería y obtención de los permisos ambientales, y la Etapa II para la obtención del contrato de ventas y construcción del proyecto.

En la primera etapa se desarrollan los estudios de ingeniería de factibilidad técnico-económica, en donde se diseña de forma más detallada la planta de desalinización, la planta solar y el sistema de bombeo e impulsión, y se estiman los costos de inversión del proyecto (CAPEX). Luego, se deben desarrollar los estudios de evaluación ambiental para la obtención de los permisos ambientales, proceso que requiere de levantamiento de información en terreno para una caracterización de línea de base del lugar sin proyecto, para luego evaluar los posibles impactos ambientales asociados al proyecto. Estos estudios se tramitan en el sistema de evaluación ambiental (SEIA).

Una vez que se obtiene la resolución de calificación ambiental (RCA) que aprueba la ejecución del proyecto, entonces se pasa a la siguiente etapa en donde se negocia un contrato de venta de agua desalada con los proyectos mineros en el área asociada al emplazamiento de nuestra infraestructura. Una vez que se firma el contrato de venta de agua, entonces se adquieren los equipos y se construye la infraestructura necesaria para operar el proyecto.

6.2 Carta Gantt

El plan de actividades y la estimación de plazos de ejecución son los siguientes:

1. Diseño de ingeniería de factibilidad. 3 meses.
2. Estudios de evaluación de impactos ambientales:
 - 2.1 Estudios de línea de base. 6 meses.
 - 2.2 Evaluación de impactos ambientales. 3 meses.
 - 2.3 Tramitación de permisos ambientales. 9 meses.
3. Contratos con proyectos mineros. 6 meses.
4. Adquisición de equipos. 6 meses.
5. Construcción. 9 meses.

En la siguiente tabla se presenta la carta Gantt asociada al proceso de implementación que tiene una duración total de 36 meses.

Tabla 6.1 Carta Gantt.

Mes	3	6	9	12	15	18	24	27	30	33	36
Etapa I											
1. Ingeniería factibilidad											
2. Estudios ambientales											
2.1 Línea de base											
2.2 Evaluación impactos											
2.3 Tramitación permisos											
Etapa II											
3. Contratos de ventas											
4. Adquisición de equipos											
5. Construcción											

7. Gestión de personas

7.1 Equipo gestor del proyecto

El equipo gestor del proyecto corresponde a un grupo de ingenieros civiles hidráulicos, con una amplia experiencia en el diseño ambiental de proyectos de ingeniería y en la gestión del recurso hídrico. El tipo de asociación corresponde a una sociedad por acciones divididas en partes iguales.

7.2 Estructura organizacional

El equipo gestor del proyecto se apoya en profesionales de las áreas de ingeniería comercial, ingeniería civil hidráulica, ingeniería civil electricista e ingeniería civil química, de acuerdo a la estructura organizacional esquematizada en la Figura 7.1

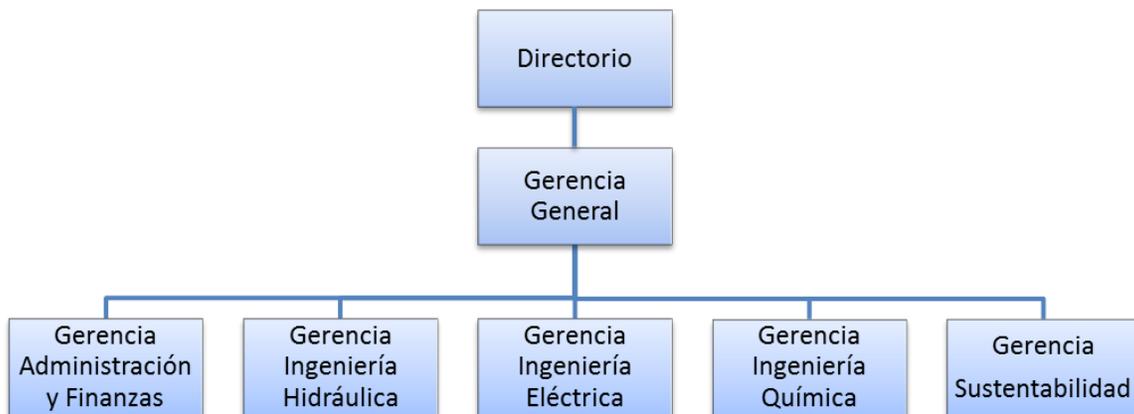


Figura 7.1 Estructura organizacional de la compañía (Fuente: Elaboración propia).

Las funciones de las distintas unidades de la compañía se describen a continuación.

Directorio: Equipo gestor del proyecto.

Gerencia General: A cargo de liderar y coordinar las funciones de planificación estratégica, como también coordinar y supervisar a las distintas divisiones de la compañía.

Gerencia de Administración y Finanzas: A cargo de la administración y gestión financiera de la compañía, como de la gestión de los recursos humanos.

Gerencia de Ingeniería Hidráulica: A cargo del diseño, construcción y mantención de las obras hidráulicas de la planta y el sistema de bombeo.

Gerencia de Ingeniería Eléctrica: A cargo del diseño, construcción y mantención de la planta solar.

Gerencia de Ingeniería Química: A cargo del diseño, construcción y mantención de la planta de desalinización.

Gerencia de Sustentabilidad: A cargo de orientar la propuesta de valor de la empresa de forma integrada con la comunidad y ambientalmente responsable.

8. Plan financiero

8.1 Supuestos

Se considera separar el proyecto en 3 etapas de operación, considerando el desfase de tiempo en la entrada en operación de cada proyecto del segmento de mercado objetivo detallado en la Tabla 8.1. Los supuestos para el análisis financiero, por otra parte, se presentan en la Tabla 8.2.

Tabla 8.1 Proyectos asociados al segmento de mercado objetivo

(Fuente: Elaboración propia).

Proyecto	Producción esperada (miles de toneladas al año)	Consumo de agua dulce (l/s)	Año inicio operaciones
Radomiro Tomic Sulfuros	200	456	2019
Chuquicamata Subterránea	366	471	2020
El Abra Mill Project	200	580	2021
Total	766	987	

Tabla 8.2 Supuestos para el análisis financiero (Fuente: Elaboración propia).

Tasa de impuestos (%)	25
Tasa de descuento (%)	15
Beta de la industria	1,1
Precio de venta (US\$/m ³)	6
Proyección del proyecto (Años)	20
Reinversión anual (%)	2

La tasa de descuento, por su parte, se obtuvo a partir del modelo CAPM considerando los activos de la empresa sin deuda, de acuerdo a la Tabla 8.3.

Tabla 8.3 Tasa de Descuento CAPM activos empresa sin deuda

Beta de la industria	1.07
Tasa libre de riesgo	3.00%
Premio riesgo de mercado	8.50%
Otros	3.00%
Tasa de descuento CAPM	15.10%

8.2 Estimación de la inversión inicial

La estimación de la inversión inicial se obtuvo en la sección 5 asociada al flujo de operaciones, en donde a partir de los costos de inversión en plantas e infraestructura similar, se estimó el valor de la inversión de nuestro proyecto. En la Tabla 8.4 y Tabla 8.5 se resume la estimación de la inversión inicial. En la inversión inicial, se agregó un capital extra asociado a los imprevistos y para cubrir la inversión en capital de trabajo que se requiere para el trabajo de concientización de los stakeholders que se explica en el siguiente capítulo.

Tabla 8.4 Resumen del diseño de ingeniería preliminar presentado en la sección 5 (Fuente: Elaboración propia).

Planta	Capacidad de diseño	Área de emplazamiento
Planta desalinización	1.000 l/s	400 ha
Planta energía solar	65 MW	100 ha
Sistema de impulsión	1.000 l/s	150 km-largo y 3.000 m-altura

Tabla 8.5 Estimación de la inversión inicial (Fuente: Elaboración propia).

Planta	Capital (MMUS\$)	Costo referencial	Fuente
Planta desalinización	72,3	740 EU\$/(m ³ /día)	WaterReuse Association (2012)
Planta energía solar	500,0	2.000 MMUS\$/260MW	Solar Reserve Copiapó (2014)
Sistema de impulsión	57,8	144 MMUS\$/(2,5m ³ /s)	Licitación Minera Escondida (2013)
Terrenos	88,7	4,5 UF/m ² rural	Portal inmobiliario
Estudios	1,6	Experiencia propia	Estudios de ingeniería civil ambiental
Capital extra	12,0		
Total (MMUS\$)	732,4		

8.3 Estimación de los costos de operación

La Tabla 8.6 resume la estimación de los costos de operación y mantenimiento, mientras que la Tabla 8.7 se resume la estimación de los gastos generales, administrativos y atención al cliente.

Tabla 8.6 Costos de operación y mantenimiento (Fuente: Elaboración propia).

Planta	Costo (MMUS\$/año)	Valor referencial	Fuente
Planta desalinización	3,31	0,093 EU\$/m ³	del Villar García (2014)
Planta energía solar	1,02	28 US\$/MW	Irena (2014)
Sistema de impulsión	1,73	0,049 EU\$/m ³	del Villar García (2014)
Costo O&M	6,06		

Tabla 8.7 Gastos generales y administrativos (Fuente: Elaboración propia).

Ítem	Gasto (MMUS\$/año)
Gastos generales	0,11
Gastos atención al cliente	0,11
Concesión marítima y patentes terrenos	0,80
Gasto total	1,02

8.4 Estimación de los ingresos

Para la estimación de los ingresos se asumió una operación en 3 etapas, considerando el desfase de tiempo en la entrada en operación de cada proyecto del segmento de mercado objetivo detallado en la Tabla 8.1. El precio del agua desalada se estimó como el mayor valor que hoy en día se paga por el agua potable en la región altiplánica de Antofagasta, la que de acuerdo a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (2015) llega a 6 US\$/m³.

8.5 Estado de resultado

Tabla 8.8 Estado de resultados (MMUS\$/año) (Fuente: Elaboración propia).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ventas Proyectadas	86	175	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
Costo Producción	6	12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Margen Bruto	80	163	265																	
Gastos Generales	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Gastos de Ventas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Margen Operacional	79	162	264																	
Depreciación	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28	28
EBIT	58	140	242	242	241	241	241	240	240	240	239	239	239	238	238	237	237	237	236	236
Gasto Financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Bruta	58	140	242	242	241	241	241	240	240	240	239	239	239	238	238	237	237	237	236	236
Impuestos	15	35	61	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	59	59	59	59	59	59
Utilidad Neta	44	105	182	181	181	181	181	180	180	180	180	179	179	179	178	178	178	177	177	177

Tabla 8.9 Estado de resultados (%) (Fuente: Elaboración propia).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ventas Proyectadas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Costo Producción	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Margen Bruto	93																			
Gastos Generales	1.05	1.05	0.52	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Gastos de Ventas	0.13	0.13	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Margen Operacional	92	92	92	93																
Depreciación	24	25	12	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10
EBIT	67	67	80	85	85	85	85	84	84	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
Gasto Financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Bruta	67	67	80	85	85	85	85	84	83	83	83	83	83							
Impuestos	17	17	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Utilidad Neta	51	50	60	64	64	64	63	62	62	62	62									

8.6 Flujo de caja

Tabla 8.10 Flujo de caja libre (MMUS\$/año) (Fuente: Elaboración propia).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EBIT	58	140	242	242	241	241	241	240	240	240	239	239	239	238	238	237	237	237	236	236
Gasto de intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Margen operacional neto	58	140	242	242	241	241	241	240	240	240	239	239	239	238	238	237	237	237	236	236
Impuestos sobre margen neto	-14	-35	-61	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-59	-59	-59	-59	-59	-59
Utilidad neta	43	105	182	181	181	181	181	180	180	180	180	179	179	179	178	178	178	177	177	177
Depreciación y amortización	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28	28
Más costos financieros después de impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad operacional/Flujo caja Bruto	65	127	204	205																
+o - Cambio en el capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos de capital cambio activo fijo	-11	-11	-11	-11	-11	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-13	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-14	-14
Flujo de caja libre	54	116	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	191	191	191	191	191	191	191
" + o - Amortización o aumento de deuda financiera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses netos de tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo del Equity	54	116	192	191																

8.7 Balance

Tabla 8.11 Balance (MMUS\$/año) (Fuente: Elaboración propia).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Activos Circulantes:																				
Caja e Inversiones	35	56	67	78	89	100	112	123	135	147	160	172	185	197	210	223	237	250	264	264
Cuentas por Cobrar Clientes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventarios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Activos Circulantes	35	56	67	78	89	100	112	123	135	147	160	172	185	197	210	223	237	250	264	264
Activos Fijos:																				
Planta Ol	72	74	76	77	78	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	92	93	94	96	96
Planta solar	500	515	523	531	539	547	555	563	572	580	589	598	607	616	625	634	644	654	663	663
Sistemta impulsión	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	76
Terrenos	89	91	93	94	96	97	98	100	101	103	105	106	108	109	111	113	114	116	118	118
Depreciación	-21	-64	-86	108	131	154	177	201	225	249	274	299	324	350	376	403	430	458	485	485
Total Activos Fijos	698	676	666	654	643	632	620	609	597	585	573	560	548	535	522	509	495	482	468	468
Total Activos	732																			
Pasivos:																				
Cuentas por Pagar proveedores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuda Bancaria Corto Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasivo Exigible Corto Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuda Largo Plazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Pasivos Exigible	0																			
Capital o Patrimonio inicial	732																			
Aumento de Capital		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos	43	105	182	181	181	181	181	180	180	180	180	179	179	179	178	178	178	177	177	177

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Utilidades	43	105	182	181	181	181	181	180	180	180	180	179	179	179	178	178	178	177	177	177
Total Patrimonio Final	732																			
Total Pasivo	732																			

8.8 Evaluación financiera del proyecto

El resumen asociado a la evaluación financiera del proyecto se presenta en la Tabla 8.12. Como se observa, el proyecto es económicamente viable cuando se evalúa en su estado puro, sin considerar deuda. Tomando un precio de venta de 6 US/m³ y una tasa de descuento del 15%, se obtuvo que para 20 años de operación el VAN del proyecto es MMUS\$282 y la TIR es de 21%. Es así como este proyecto debería ejecutarse, dado que genera ganancias por sobre la rentabilidad exigida. Es importante mencionar en el cálculo del VAN se incluye el valor residual del proyecto.

Tabla 8.12 Evaluación financiera del proyecto (puro, sin deuda).

TIR (%)	21
VAN (MMUS\$)	282
ROE (Rentabilidad/Patrimonio)	24
Payback (años)	5
Tasa de descuento del equity (%)	15
Inversión inicial (MMUS\$)	-732
Valor Residual (MMUS\$)	454

8.1 Análisis de sensibilidad

Tabla 8.13 Análisis de sensibilidad considerando los escenarios esperados con los escenarios pesimistas.

	Tasa de Descuento	ESCENARIO PESIMISTA			ESCENARIO ESPERADO
		Supuestos de Variación en las Ventas Proyectadas			
		-30%	-20%	-10%	0%
VAN (MMUS\$)	15%	-25	85	183	282
TIR (%)		15%	17%	19%	21%
Payback (Años)		7 años	6 años	6 años	5 años
VAN (MMUS\$)	18%	-120	-39	43	124
TIR (%)		15%	17%	19%	21%
Payback (Años)		7 años	6 años	6 años	5 años
VAN (MMUS\$)	20%	-173	-101	-29	42
TIR (%)		15%	17%	19%	21%
Payback (Años)		7 años	6 años	6 años	5 años
VAN (MMUS\$)	25%	-262	-208	-154	-100
TIR (%)		15%	17%	19%	21%
Payback (Años)		7 años	6 años	6 años	5 años

8.2 Conclusiones

Se concluye que el proyecto es económicamente viable cuando se evalúa en su estado puro, sin considerar deuda. Tomando un precio de venta de 6 US\$/m³ y una tasa de descuento del 15%, se obtuvo que para 20 años de operación el VAN del proyecto es MMUS\$282 y la TIR es de 21%. Es así como este proyecto debería ejecutarse, dado que genera ganancias por sobre la rentabilidad exigida.

9. Responsabilidad social empresarial y sustentabilidad

9.1 Stakeholders

Para la correcta ejecución del proyecto, se requiere identificar todas las partes interesadas en su desarrollo, conocer su percepción, los factores críticos del estudio, y las condiciones culturales e históricas de la comunidad circundante. Por ello, se realizó un catastro de los actores claves de la zona, los que se esquematizan en la Figura 9.1, mientras que el catastro se entrega a continuación.



Figura 9.1 Diagrama de los principales interesados en el desarrollo del proyecto.

9.1.1 Gobierno regional:

1. Gobierno Regional de Antofagasta
2. Ilustre Municipalidad de Antofagasta
3. Ilustre Municipalidad de Calama
4. Ilustre Municipalidad de Ollagüe
5. Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama
6. SEREMI de Medio Ambiente
7. SEREMI de Agricultura
8. SEREMI de Bienes Nacionales
9. SEREMI de Minería
10. SEREMI de Obras Públicas

9.1.2 Pueblos originarios:

1. Asociación Indígena Hijos de la Candelaria de Caspana
2. Asociación Coordinadora Indígena El Loa
3. Asociación Indígena Atacameña Likan-Tatay
4. Asociación Indígena de Regantes y Agricultores Lay Lay
5. Asociación Indígena Agrícola y cultural socila del sector cerro negro y las vegas
6. Asociación Indígena Atacameña Cementerio, Nueva Generación Ayquina-Turi
7. Asociación Indígena Atacameña de Mujeres de Lasana Quillantay
8. Asociación Indígena de Danza Andinas Inti Yacta
9. Asociación Indígena Quéchua Cebollar-Ascotán
10. Asociación Indígena Lickan Antai de Panire
11. Asociación Indígena Sumaj Orko Khory Tika Ollagüe Llajtaymanta
12. Asociación Indígenas Hijos del Ojo de San Pedro
13. Comunidad Indígena Sumac Llaita

9.1.3 Comunidad local:

1. Comunidad Atacameña Ayquina-Turi
2. Asociación Agrícola Ganadera Cultural y Social Valle del Sol Yalquincha
3. Comunidad Indígena de la Banda
4. Asociación de Mujeres Indígenas de Calama
5. Comité Ambiental Comunal Calama (SCAM)
6. Comunidad Atacameña de Camar
7. Comunidad Atacameña de Caspana
8. Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu-Chiu
9. Comunidad Atacameña de Cupo
10. Comunidad Atacameña de Lasana
11. Comunidad Atacameña de Machuca
12. Comunidad Quechua de Ollagüe
13. Comunidad Atacameña de Peine
14. Comunidad Atacameña de Catarpe
15. Comunidad Atacameña de Larache
16. Comunidad Atacameña de Quitor
17. Comunidad Atacameña de Séquitor
18. Comunidad Atacameña de Solcor
19. Administrador Valle de la Luna
20. Asociación Indígena Consejo de Pueblos Atacameños
21. Comunidad Atacameña de Coyo
22. Comunidad Atacameña de Cucuter
23. Comunidad Atacameña de Socaire
24. Comunidad Atacameña de Taira
25. Comunidad Atacameña de Talabre
26. Comunidad Atacameña de Toconao

27. Asociación Indígena Consejo de Pueblos Originarios del Alto El Loa
28. Asociación de Mujeres Atacameñas de Toconce Ninchies Lickau Cota

9.1.4 ONGs:

1. CULTAM Estudios Culturales y Ambientales
2. Asociación de Guías de Turismo San Pedro de Atacama (ATUSPA)
3. Agrupación Turística y Medio Ambiental San Pedro de Atacama (ATYMA)
4. Agrupación Cultural Naturaleza y Patrimonio
5. Caminantes del Desierto
6. Corporación GEN
7. Corporación PROA
8. Desierto Verde
9. Fundación Minera Escondida
10. Juventud Emprendedora
11. Presidente CULTAM Estudios Culturales y Ambientales
12. Red ECO90
13. Corporación de Desarrollo de la Provincia El Loa PROLOA
14. Museo de Historia Natural y cultural del Desierto de Atacama
15. Fundación para la Sustentabilidad del Gaviotín Chico
16. Intiraymi
17. Centro Multicultural de San Pedro de Atacama
18. Fundación Casa de la Paz
19. Fundación Superación de la Pobreza
20. Acción Emprendedora
21. Comisión de Derechos Humanos
22. Grupo Ecológico Inti-Raima

9.1.5 Clientes:

8. Compañía Minera Zaldívar
9. CODELCO División Chuquicamata
10. CODELCO División Gabriela Mistral
11. CODELCO División Ministro Hales
12. CODELCO División Radomiro Tomic
13. Minera Escondida Ltda.
14. SCM El Abra

9.1.6 Empresas proveedoras:

11. Siemens AG.
12. VVF Technology
13. Acciona
14. Cadagua
15. SolarReserve, LLC.
16. eSolar, Inc.
17. BrightSource Energy, Inc.
18. AORA Solar Ltd.
19. Torresol Energy Investments, S.A.
20. Greenway CSP

9.1.7 Empresas competidoras:

5. Aguas Antofagasta S.A.
6. Seven Seas Water
7. Osmoflo SpA
8. Veolia Water Technologies

9.2 Valores éticos del negocio

EcoDesalación SpA es una empresa que se diferencia de sus competidores por su foco en la sustentabilidad, aportando al desarrollo de actividades económicas que consideran los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país. No sólo busca crear valor económico, sino que también busca crear valor ambiental y social. En este sentido, todas las decisiones de negocios buscan un equilibrio entre los intereses de los diferentes actores involucrados, siguiendo los valores éticos esquematizados en la Figura 9.2.

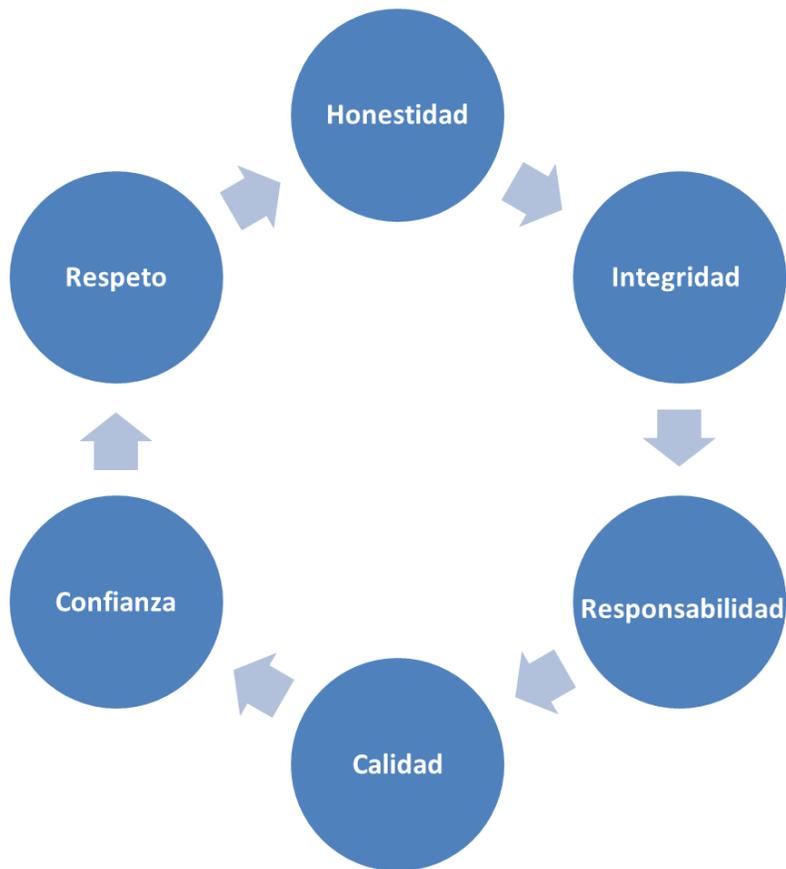


Figura 9.2 Diagrama de los valores éticos del negocio.

Como respaldo de la responsabilidad social de la empresa, se obtendrá la certificación internacional ISO 26000, lineamiento reconocido, completo y universalmente aplicable,

que apoya a las organizaciones a demostrar su responsabilidad social mediante un cumplimiento efectivo de los compromisos con los stakeholders.

9.3 Determinación de impactos

Los posibles impactos que podría tener la ejecución del proyecto se relacionan principalmente por temas ambientales. A continuación se detallan los problemas más importantes y se entrega una posible solución.

9.3.1 Planta de osmosis inversa

Problema ambiental

Los impactos ambientales asociados a una planta de desalinización se asocian a la descarga de la salmuera al mar. El impacto negativo en el medio marino se debe a que la salmuera es más densa que el agua del medio marino, por lo que se acumula en el fondo marino. Esto inhibe los procesos de mezcla vertical en la columna de agua, lo que a su vez produce un cambio en la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, poniendo en peligro a los organismos bentónicos que viven en el fondo marino, los que pueden morir por hipoxia (Bleninger and Jirka, 2010).

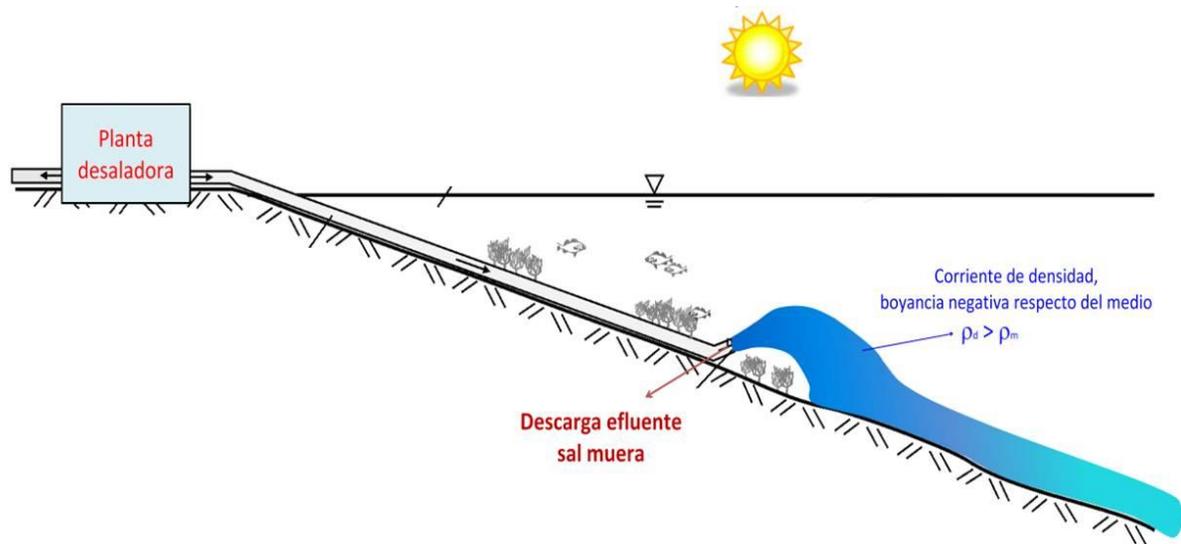


Figura 9.3 Esquema de la descarga de salmuera en el fondo marino (Fuente: Bleninger and Jirka, 2010) .

Posible solución

Para minimizar este impacto ambiental negativo, se debe ubicar la descarga de salmuera en las zonas costeras en donde existe mayor velocidad de las corrientes marinas, de modo que la salmuera es disuelta y transportada por las corrientes. También, el diseño de ingeniería debe considerar múltiples difusores en la zona de la descarga, de modo que se genera mayor dilución y se inhibe la acumulación en el fondo marino.

9.3.2 Planta de concentración solar

Problema ambiental

Se ha reportado que los insectos pueden ser atraídos por la luz brillante que reflejan los espejos, y como resultado de ello las aves que los cazan han muerto quemadas por las altas temperaturas que hay en torno a la torre de concentración solar.

Posible solución

Se podrían implementar medidas de disuasión de las aves mediante dispositivos que emiten sonidos que las alertan del peligro a su paso por una planta solar. Estas medidas se han utilizado con éxito en los parques eólicos, en donde las aves chocan con las hélices.

9.1 Conclusiones

EcoDesalación SpA es una empresa que se diferencia de sus competidores por su foco en la sustentabilidad, aportando al desarrollo de actividades económicas que consideran los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país. No sólo busca crear valor económico, sino que también busca crear valor ambiental y social.

En este sentido, todas las decisiones de negocios buscan un equilibrio entre los intereses de los diferentes actores involucrados, principalmente el gobierno regional, los pueblos originarios, la comunidad local, las ONGs, los clientes y las empresas proveedoras y competidoras. Para esto, el negocio se fundamenta sobre los valores éticos de honestidad, integridad, responsabilidad, calidad, confianza y respeto. Como respaldo de la responsabilidad social de la empresa, se obtendrá la certificación internacional ISO 26000, lineamiento reconocido, completo y universalmente aplicable, que apoya a las organizaciones a demostrar su responsabilidad social mediante un cumplimiento efectivo de los compromisos con los stakeholders.

Finalmente, nuestra propuesta de valor no sólo considera el tratamiento de agua de mar con energía limpia y renovable, sino que también en el diseño de ingeniería se consideran todos los aspectos ambientales que permiten reducir a un mínimo los impactos ambientales negativos.

10. Riesgos críticos

Los factores críticos de éxito se relacionan con los problemas o actividades internas o externas que tienen incidencia en el éxito del proyecto, y que corresponden a una mezcla de los factores comunes a todas las empresas del sector industrial y de los asociados específicamente a esta empresa. A continuación se detallan los riesgos internos y externos identificados para este proyecto.

10.1 Análisis de Riesgos

10.1.1 Riesgos internos

1. Fallar en la estrategia de eco-branding y que los clientes no estén dispuestos a pagar por el valor agregado asociado a una producción sustentable.
2. Perder en una licitación la concesión de venta de agua para los mejores proyectos mineros proyectados.
3. No lograr la cuota de mercado esperada.
4. Fallar en el proceso de operación y mantención de los equipos, con ineficiencias que no permitan llegar a los factores de planta diseñados.
5. Fallar en los procesos de desalinización, obteniéndose agua dulce con parámetros de calidad de aguas por debajo de los exigidos por los clientes.
6. Fallar en el diseño ambiental de las obras, con impactos ambientales mayores a los previstos, o no identificados en la evaluación de impactos.

10.1.2 Riesgos externos

Los riesgos externos se relacionan con la obtención de los permisos para emplazar y operar el proyecto, particularmente se requiere:

1. Obtener una concesión marítima y de uso oneroso para emplazar el proyecto.
2. El proyecto se debe someter al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA).

De los puntos enumerados, el más importante corresponde a la obtención del permiso ambiental. La ley chilena exige que se realice una evaluación del impacto que el proyecto generará al medio ambiente. Esta evaluación debe ser presentada al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), organismo público dependiente del Ministerio del Medio Ambiente. El SEA conduce el proceso de evaluación, desde el examen de admisibilidad hasta la elaboración y presentación del Informe Consolidado de la Evaluación de Impacto Ambiental (ICE) a la Comisión de Evaluación (art. 86 ley 20.417), instancia en la que se puede aprobar o rechazar el proyecto por votación de sus integrantes en base a la información contenida en el ICE.

En este proceso, muchos proyectos son rechazados o el proceso de evaluación toma más tiempo del programado, generando atrasos en el plan de implementación del proyecto.

10.2 Plan de mitigación

Para minimizar los efectos negativos provocados por los riesgos sobre los objetivos del proyecto, se propone efectuar el siguiente plan de mitigación.

10.2.1 Riesgos internos

1. Concientizar a los clientes sobre la importancia de desarrollar proyectos sustentables, y transmitir de forma persuasiva las ventajas asociadas, en donde no sólo se obtiene una ganancia económica importante producto de la reducción de costos en la producción, sino que al mismo tiempo se obtiene una ganancia social y ambiental. Sin lugar a dudas esta proposición será bien recibida por los stakeholders.
2. Hacer una evaluación económica rigurosa, que efectivamente permita llegar a precios competitivos.
3. Participar de forma activa en todas las licitaciones asociadas a los proyectos de desalinización.

4. Elegir al equipo correcto, con las competencias técnicas y la experiencia necesaria para mantener las plantas funcionando en perfecto estado.
5. Hacer los controles de calidad de aguas de forma rutinaria y tomar medidas inmediatas en caso de falla en los procesos.
6. Tener un plan de monitoreo y seguimiento ambiental en tiempo real, en donde se midan las variables relevantes, como son la salinidad y el oxígeno disuelto en el fondo marino, y la eficacia en la disuasión de aves en la planta solar. Tener un plan de contingencias y emergencias en caso de falla.

10.2.2 Riesgos externos

Para la obtención de los permisos ambientales se propone lo siguiente.

1. Considerar los aspectos ambientales desde la etapa de diseño de ingeniería, de modo de minimizar los posibles impactos ambientales con un diseño sustentable.
2. Desarrollar un estudio de impacto ambiental que supere los estándares mínimos entregados en las guías del SEIA, con profesionales con el conocimiento técnico y la experiencia necesaria para evaluar los impactos ambientales. Identificar los impactos negativos y proponer medidas de mitigación y compensación.
3. Desarrollar seminarios de difusión a la comunidad, en etapas tempranas del proyecto, antes de presentarlo en el SEIA. En estos seminarios se debería transmitir todos los aspectos técnicos del proyecto y la orientación hacia la sustentabilidad. Estos seminarios deberían ser una instancia de mejora del proyecto, en donde se toman en cuenta las opiniones de todos los stakeholders, para así presentar un proyecto que desde sus inicios es aceptado por la comunidad.

10.3 Conclusiones

Los factores críticos de éxito se relacionan con los problemas o actividades internas o externas que tienen incidencia en el éxito del proyecto, y que corresponden a una mezcla de los factores comunes a todas las empresas del sector industrial y de los asociados específicamente a esta empresa. Particularmente, el riesgo crítico más relevante es de tipo externo y se relaciona con la obtención del RCA (Resolución de Calificación Ambiental) que autoriza la construcción y operación del proyecto. Para la obtención de los permisos ambientales se propone considerar los aspectos ambientales desde etapas tempranas en el diseño de ingeniería; proponer medidas de mitigación y compensación justas en caso de que se identifiquen impactos negativos; y desarrollar seminarios de difusión con los stakeholders, antes de someter el proyecto a evaluación ambiental, de modo de tomar en cuenta las inquietudes de todas las partes interesadas, para así presentar una propuesta al SEIA que desde un inicio es aceptada por la comunidad.

11. Propuesta inversionista

11.1 Descripción de la empresa

EcoDesalación SpA es una empresa que nace para ayudar a solucionar el problema de la escasez hídrica en el norte de Chile, problema que pone en peligro el desarrollo y sustentabilidad de la minería del cobre. Nuestra propuesta es la desalinización del agua de mar como alternativa para el abastecimiento de agua dulce a los proyectos mineros que iniciarán actividades en el mediano plazo.

Dado la tendencia mundial hacia el cuidado del medio ambiente, hoy en día las empresas mineras están dispuestas a pagar por la diferenciación ecológica, debido a que esto mejora su reputación ambiental y su relación con las comunidades locales. Es por ello que nuestra apuesta es por la alimentación de la planta de desalinización con energía solar limpia y sustentable, aprovechando el potencial de generación de energía solar del desierto del norte de Chile.

El equipo gestor del proyecto corresponde a un grupo de ingenieros civiles hidráulicos, con una amplia experiencia en el diseño ambiental de proyectos de ingeniería y en la gestión de los recursos hídricos.

11.1.1 Misión

La misión de EcoDesalación SpA es proveer de agua dulce a las empresas mineras en el altiplano, usando para esto energías renovables y tecnologías de última generación que minimizan los posibles impactos ambientales, cuidando así el medio ambiente en donde se emplazan sus faenas.

11.1.2 Visión

En el largo plazo, la visión de EcoDesalación SpA es aportar al desarrollo de actividades económicas que consideren los aspectos medioambientales para lograr un crecimiento sustentable del país.

11.2 Oferta para el inversionista

Nuestra propuesta de negocio corresponde a la construcción y operación de una planta de desalinización de agua de mar alimentada con energía solar en la región de Antofagasta, para abastecer de agua dulce a las nuevas faenas mineras que se emplazarán en el sector altiplánico de esta región.

Nuestra estrategia competitiva será la diferenciación ecológica, por ser una empresa sustentable que cuida del medio ambiente a través de la entrega de agua desalinizada con energías renovables, minimizando de esta manera los posibles impactos ambientales indirectos de nuestros clientes, cuidando así su reputación ambiental y su relación con las comunidades locales.

Nuestra estrategia de entrada será participar en las licitaciones de los proyectos El Abra Mill Project de Freeport-McMoRan, Chuquicamata Subterránea de Codelco Norte y Radomiro Tomic Sulfuros de Codelco Norte. Se estima que estos proyectos demandarán cerca de 1.000 l/s de agua desalinizada, correspondiente al 33% del aumento esperado en la demanda de agua dulce de la región de Antofagasta para el 2021.

Como estrategia de ventas se considera obtener los permisos ambientales antes de que se abran las licitaciones de estos proyectos, de modo de garantizar la factibilidad de ejecución de los mismos y tener ventaja respecto del resto de los competidores.

El resumen asociado a la evaluación financiera del proyecto se presenta en la Tabla 11.1. Como se observa, el proyecto es económicamente viable cuando se evalúa en su estado puro, sin considerar deuda. Tomando un precio de venta de 6 US\$/m³ y una tasa de

descuento del 15%, se obtuvo que para 20 años de operación el VAN del proyecto es MMUS\$282 y la TIR es de 21%. Es así como este proyecto debería ejecutarse, dado que genera ganancias por sobre la rentabilidad exigida.

Tabla 11.1 Evaluación financiera del proyecto (puro, sin deuda).

TIR (%)	21
VAN (MMUS\$)	282
ROE (Rentabilidad/Patrimonio)	24
Payback (años)	5
Tasa de descuento del equity (%)	15
Inversión inicial (MMUS\$)	-732
Valor Residual (MMUS\$)	454

Se propone al inversionista cubrir el 48% del capital inicial. El tipo de asociación corresponde a una sociedad por acciones divididas en partes iguales. Es así como el VAN del inversionista sería de MMUS\$135 como se detalla en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2 Evaluación financiera para el inversionista (puro, sin deuda).

TIR (%)	21
VAN (MMUS\$)	135
ROE (Rentabilidad/Patrimonio)	24
Payback (años)	5
Tasa de descuento del equity (%)	15
Inversión inicial (MMUS\$)	-351
Valor Residual (MMUS\$)	218

12. Bibliografía

Arrau Ingeniería E.I.R.L., 2012. Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta. Encargado por Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Bleninger, T. and Jirka, G.H. 2010. Environmental planning, prediction and management of brine discharges from desalination plants. Institute for Hydromechanics, Karlsruhe Institute of Technology, Germany.

Comisión Chilena del Cobre, 2013a. Inversión en la minería Chilena. Cartera de Proyectos 2013-2021.

Comisión Chilena del Cobre, 2013b. Proyección de demanda de agua fresca en la minería del cobre, 2013-2021.

Comisión Chilena del Cobre, 2015. Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2014-2025.

del Villar García, A., 2014. El coste energético de la desalinización en el programa A.G.U.A. Universidad de Alicante. DOI: 10.14198/INGEO2014.62.07

IRENA, 2012. Renewable energy technologies: Cost analysis series. Concentration Solar Power. International Renewable Energy Agency.

Ministerio de Obras Públicas, 2012. Plan regional de infraestructura y gestión del recurso hídrico al 2021. Región de Antofagasta.

Dirección General de Aguas, 2013. Estrategia nacional de recursos hídricos 2012-2025.

Dirección General de Aguas, 2010. Los requerimientos de recursos hídricos de la minería nacional.

DESWARE, 2013. Encyclopedia of Desalination and Water Resources.

IPCC-ONU, 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University press.

National Research Council, 2008. Desalination: A National Perspective. Washington, DC: The National Academies Press.

Ministerio de Energía, 2015. Cuenta pública 2010-2014.

Montes, M. 2011. Prefactibilidad técnica y económica de una planta desaladora de agua marina para la minería alimentada con energía generada por una planta de concentración solar. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2015. Tarifas de agua potable en la región de Antofagasta.

WaterReuse Association, 2012. Seawater desalination costs.

13. Páginas web

- www.cochilco.cl
- www.valhalla.cl
- www.solarreserve.com
- www.abengoa.cl
- www.esolar.com
- www.brightsourceenergy.com
- www.aora-solar.com
- www.torresolenergy.com
- www.greenwaycsp.com
- www.solargis.info
- www.endesaeduca.com
- www.desware.net
- www.minenergia.cl
- en.wikipedia.org
- www.bhpbilliton.com
- www.siemens.com
- www.aquasolengineering.com
- www.accion.com
- www.cadagua.es
- www.acesol.cl