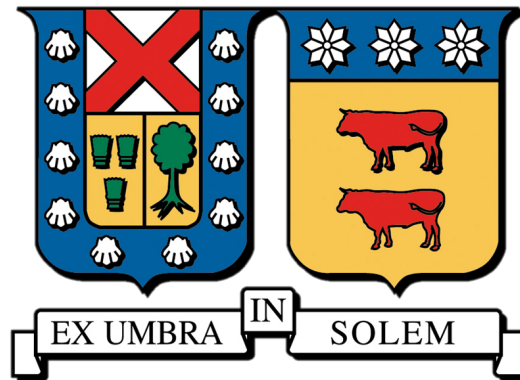


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAÍSO-CHILE



PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA
DESALINIZADORA PARA LA COMUNA DE PETORCA

AUTOR: CARLOS MAURICIO MARTÍNEZ NIETO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: WERNER DAVID KRISTJANPOLLER RODRÍGUEZ
PROFESOR CO-REFERENTE: KEVIN ESTEBAN MICHELL VALENCIA

24 DE OCTUBRE, 2022

Dedicado a Carlos, Violeta y Benjamín.

Y también, a Minskko Empresas...

Agradecimientos

En primera instancia quiero agradecer a mis padres, Carlos y Violeta por siempre estar presentes a lo largo de mi vida y apoyarme en todas las decisiones que he tomado en mi vida, quienes desde 1998 viviendo en Antofagasta, pasando por nuestro cambio a Quilpué en 2017, hasta ahora en 2022 viviendo en Viña del Mar, me motivaron a continuar con mis estudios, siendo ambos un ejemplo a seguir.

Agradecer a mi Padre por ser un apoyo fundamental en mi vida universitaria quien estuvo aquí desde el día cero, en mis altos y bajos, desde cuando nos vinimos a matricular presencialmente a Valparaíso en la gloriosa UTFSM en 2017 y pasamos a turistar por primera vez en Valparaíso, pasando por el Desayunador y J. Cruz en búsqueda de un nuevo hogar para cambiarnos, hasta ahora, la última etapa de la universidad en 2022, donde su apoyo incondicional fue clave para poder tener este logro que es mi título universitario. Gracias por siempre inculcarme los estudios y honestamente espero que se sienta orgulloso de todo lo que he logrado en este paso por la UTFSM y sepa que siempre tomé en consideración sus consejos de vida. Gracias también por todas las misiones que me dejaba a lo largo de este trayecto universitario, las cuales a pesar de ser bastante intensas, forjaron de mejor manera mi carácter.

Agradezco a mi Madre quien fue la que estuvo presente todos los días de mi vida universitaria, desde que nos cambiamos a Quilpué, luego pasando por la pandemia, hasta ahora. Durante todo ese tiempo, los 365 días del año, siempre se preocupó por mi bienestar, que no me faltara nada, para así poder solo preocuparme de mis estudios y lograr terminar esta etapa lo mejor posible. Gracias por todas las salidas y viajes durante este periodo universitario, estudiar no hubiera sido lo mismo sin ti. Gracias también por siempre hacerme reír con cada una de tus locuras.

Los amo a ambos, ustedes son la luz del camino que he caminado a lo largo de esta vida, siendo guías y mentores en cada paso que he dado. Si he visto más lejos, es poniéndome sobre los hombros de Gigantes.

Quiero agradecer también a mi hermano Benjamín, por ser parte de mis alegrías, y ser quien siempre se preocupa de mi, como cuando me quedaba en noches interminables de estudio y me compadecía por quedarme hasta tan tarde estudiando, gracias por ser un gran compañero de aventuras y risas, desde que eramos pequeños recuerdo que lo pasábamos puro riendo. Gracias por siempre hacerme reír y a pesar de que lleno su bandeja de instagram con memes, se que le gustan. Espero de verdad que este camino universitario y esta tesis que realicé, y que él vio con sus propios ojos todo el proceso, sean una inspiración para él, quien está ad portas de salir de IV Medio, y se de cuenta de que todos lo podemos lograr.

Gracias a mi abuelo Mauricio, y a Jacqueline, quienes a pesar de la distancia, siempre pude contar con su apoyo durante mi vida universitaria cuando visitaba Antofagasta, y más aun cuando tuve que hacer ambas practicas en Antofagasta, sin ellos la estadía en Antofagasta no hubiera sido igualmente de grata. Agradezco a mi abuelo también, por siempre cuidarme, desde que era un bebé hasta ahora, y recordarme siempre de que él me llevaba en brazos de pequeño. Espero se encuentre orgulloso de este logro y de mi persona.

No podría ser una sección de agradecimientos sin mencionar a las mejores amistades que pude conocer en mi vida universitaria, Catalina Rojas, Diego Araya, Diego Pinto y Franco Avilés, sin ustedes no podría estar aquí en este momento, agradezco cada risa, junta de estudio, sesiones de juegos, sufrimiento, reuniones por zoom hasta tarde (aunque estuviera muriendo de sueño) y todas las cosas que experimentamos en esta universidad juntos. Solo queda darles mis mejores deseos.

A mi pana Diego A. por siempre ser un mano que ayuda cuando uno lo necesita, pasando material y resolviendo dudas sin problemas. Por acompañarme en sesiones de juego

interminables en plena pandemia jugando Warzone y Fall Guys post-pandemia, gracias por todos esos momentos, la verdad es que con el paso del tiempo, mas añoro esos recuerdos de Warzone + Pandemia, le agradezco también por motivarme a siempre dar lo mejor de mi en todo ámbito de mi vida y no conformarme con dar lo mínimo.

A mi amix Catalina R. quien conozco desde la básica y solo a unos días después de matriculados en la universidad nos enteramos que ambos quedamos en la misma U, en la misma carrera y en los mismos paralelos, sin ella no podría haber conocido más amistades dentro de la universidad, tampoco podría ser el profesional que seré sin ella, por no dejarme guiar por la ley del mínimo esfuerzo. También le agradezco por hacerme reír la mayor parte de nuestro paso por la U desde el año 1 y por los chismecitos.

A mi panabanana Diego P. a quien lo conocí en 2019 unos meses antes del estallido social, en Gestión Energética 1, le agradezco por siempre ser mi compañero de trabajos cuando los trabajos eran de 3 o 2, sin él no podría haber hecho ninguno de esos trabajos. Gracias por siempre mandar memes gamers y de culto, le agradezco también por siempre dar buenos consejos y por haber estado presente por Whatsapp durante ambas de mis practicas, sin eso las practicas hubieran sido bastante monótonas.

A mi compa Franco, chico genio quien siempre estuvo dispuesto a ayudarme cuando más lo necesitaba, gracias por estar presente a lo largo de este paso por la universidad en varios trabajos y en la mayoría de los ramos, gracias por siempre apañarme jugando Pokemon GO, incluso cuando fuimos un sábado a la U solo para hacer una incursión, gracias también por siempre motivar a jugar cartas y siempre recordar buenas anécdotas, como cuando le hablé en pleno certamen de mate 4 para preguntarle si ya había terminado porque me quería ir. Espero que recuerde siempre confiar en todo ámbito de su vida.

El mejor de los éxitos a cada uno de estos chiquillos, que la luz siempre guíe sus caminos y confíen en sus capacidades de aquí hasta la eternidad, nos vemos del otro lado.

Un saludo a los lectores de esta tesis, espero que esta pueda ser una ayuda o una inspiración para sus futuros trabajos.

Resumen Ejecutivo

En los últimos años, la escasez de agua potable en el planeta ha ido en aumento, dado el uso indiscriminado de los recursos naturales, el calentamiento global y la escasez de lluvias. Chile no se ha visto exento de este tema, existiendo una crisis hídrica que azota a la zona central del país, donde Petorca se ha convertido en la comuna más reconocida por la escasez de agua y a su vez, la más perjudicada por esta crisis, tanto así que parte de la población de dicha comuna es abastecida de agua potable exclusivamente por camiones aljibes. Es por esto que se busca una solución a este problema con la ósmosis inversa, dada sus simpleza y bajos costos, donde en el presente estudio se evalúa la prefactibilidad de una planta de ósmosis inversa que suministre de agua potable a la comuna de Petorca.

Para lograr evaluar la prefactibilidad de este proyecto, se realiza en primera instancia un estudio de mercado, en el cual se proyecta la demanda y oferta de agua potable al año 2042, y además se define la brecha entre demanda y oferta a cubrir por el presente proyecto.

Para realizar las proyecciones de oferta y demanda, primero se proyecta la cantidad de habitantes en Petorca en base al cambio porcentual entre los años 1992, 2002 y 2017, obteniendo una cantidad de habitantes de 10.389 personas al 2042.

En cuanto a la oferta de agua, se proyecta que al 2042 la oferta de agua por camiones aljibes es de 550 metros cúbicos diarios, considerando que la mitad de habitantes de esta comuna se suministrarán por este medio.

Por otro lado, se calcula que la demanda de agua potable en Petorca al año 2042 es de 1.341 metros cúbicos diarios, considerando un consumo de 200 litros diarios por persona, un factor de peak en el verano y que la mitad de la población será beneficiada por este proyecto.

Finalmente, se decide que el proyecto cubra la totalidad de la demanda de agua

potable, dado que el precio del metro cubico por camión aljibe es excesivo, beneficiando así a toda la población que depende exclusivamente de camiones aljibes.

Con respecto al estudio técnico, se define que para llevar a cabo el proyecto es necesario contar con una planta de ósmosis inversa, dos estaciones de bombeo, un estanque de almacenamiento de agua para cada estación de bombeo, una estación de succión, una estación de descarga y tuberías que conecten la planta con Petorca.

Se define además que la localización de la planta desalinizadora junto con la estación de bombeo 1, es cercana a las dunas de Longotoma, en la zona costera de la provincia de Petorca donde desemboca el río Petorca. La planta se conecta con Petorca mediante tuberías situadas a lo largo del cauce del río Petorca, y la estación de bombeo 2 se localiza en la localidad de Artificio.

De este estudio se desprende que el total de inversión en equipos técnicos es de \$3.193.369,73 USD, además se define que los egresos más significativos de este proyecto son los costos fijos en electricidad de la planta y las estaciones de bombeo, los cuales ascienden a \$897.128,98 USD en el año 2042.

El estudio legal, describe el marco legal sobre el cual el presente estudio se mueve, donde se da cuenta que las principales leyes que afectan al proyecto son el D.F.L 340 sobre las concesiones marítimas y el D.F.L 70 el cual establece las condiciones para calcular las tarifas de la distribución de agua potable, donde estas condiciones son que el VAN del proyecto sea igual a cero, que el horizonte de evaluación sea mayor a 15 años y que la tasa de descuento sea equivalente a los retornos de los bonos del Banco Central más un porcentaje entre 3% y 3,5\$.

Con respecto al estudio tributario, se constituye que el rubro del proyecto está afecto al pago de impuestos y recaudador del IVA. Dentro del estudio organizacional se define que, para realizar un símil con las empresas sanitarias existentes, el proyecto debe ser llevado

a cabo por una Sociedad Anónima (S.A) y además se establece que para llevar a cabo las operaciones de la planta desalinizadora, se necesita un total de 11 personas, un gerente de operaciones, un contador auditor, un abogado, dos supervisores de operaciones y seis operadores.

Al realizar el estudio ambiental se concluye que las leyes mas importantes que se deben considerar en el proyecto son, la ley 19.300 que entrega bases generales para garantizar un medioambiente libre de contaminación y el decreto 90 el cual establece los limites de contaminantes dentro y fuera de la zona de protección literal, en donde el agua de rechazo producida por la ósmosis cumple con estos limites tanto dentro como fuera de dicha zona.

Dentro de la ley 19.300 se establece que ciertos proyectos requieren un Estudio de Impacto Ambiental mientras que otros una Declaración de Impacto Ambiental, en el caso del presente proyecto se requiere un Estudio de Impacto Ambiental.

Finalmente, se realiza un estudio económico para el proyecto, en donde se concluye que es prefactible realizar este proyecto, pues se logra un VAN igual a \$0, tal como lo establece la ley, una TIR igual a la tasa de descuento de 10,3%, un Payback de 20 años y un precio del agua de \$2,82 USD por metro cubico, lo cual es una mejora significativa con respecto al precio del metro cubico de agua que ofrecen los camiones aljibes que es de \$10.040 CLP.

Adicionalmente, se realiza un análisis de sensibilidad sobre el proyecto, variando el tipo de cambio USD/UF y un porcentaje de subsidio a la inversión inicial del proyecto por parte del gobierno, donde se concluye que a un menor tipo de cambio, menor es el precio del metro cubico de agua, y a un mayor nivel de inversión, menor es el precio del metro cubico, llegando hasta \$0,76 USD y \$1,78 USD respectivamente.

De esta manera se logra confirmar la prefactibilidad del proyecto y se verifica que este proyecto logra disminuir el precio del metro cubico de agua, siendo así una mejor alternativa a los camiones aljibes en Petorca.

Índice general

Índice de tablas	XVII
Índice de figuras	XIX
1. Introducción	1
1.1. Problema de Investigación	1
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
2.3. Alcances	5
3. Marco Teórico	7
3.1. Escenario Mundial	7
3.2. Escenario Nacional	8

3.3. Situación en Petorca	9
3.4. Proceso productivo del agua	10
3.5. Ósmosis Inversa	13
3.6. Otros tipos de desalinización	13
3.7. Agua potable rural	14
3.8. Norma NCh 409/01	15
4. Metodología	21
4.1. Principios para la evaluación de proyectos	21
4.2. Estudio de Mercado	22
4.3. Estudio Técnico	23
4.4. Estudio Legal	23
4.5. Estudio Tributario	24
4.6. Estudio Organizacional	24
4.7. Estudio Ambiental	24
4.8. Estudio Económico	25
5. Estudio de mercado	26
5.1. Demanda de agua	26
5.1.1. Proyección de personas	27

5.1.2. Peak de Verano	29
5.1.3. Demanda de agua al 2042	31
5.2. Oferta de Agua	32
5.2.1. Oferta de Agua al 2042	32
5.3. Análisis de brecha oferta/demanda	33
6. Estudio Técnico	35
6.1. Desalinización	35
6.2. Sistema de ósmosis inversa	36
6.3. Planta de ósmosis inversa	41
6.4. Proyecto similar: Codelco	42
6.5. Símil al proyecto de Codelco	44
6.6. Localización	46
6.7. Planta requerida	49
6.7.1. Características	49
6.7.2. Balance de materia	49
6.7.3. Inversión	51
6.7.4. Gasto Energético	52
6.8. Estaciones de Bombeo	53

6.8.1. Estación de Bombeo 1	54
6.8.2. Estación de Bombeo 2	58
6.9. Succión	61
6.9.1. Características	61
6.9.2. Inversión	61
6.10. Descarga	63
6.10.1. Características	63
6.10.2. Inversión	64
6.11. Tuberías	64
6.11.1. Características	64
6.11.2. Inversión	64
6.12. Tabla resumen de costos de inversión	65
6.13. Tabla resumen de costos anuales	65
7. Estudio Legal	67
7.1. Organismos a considerar	67
7.1.1. Servicio de Impuestos Internos (SII)	67
7.1.2. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	68
7.1.3. Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (SSFFAA)	68

7.1.4. Dirección del trabajo	69
7.1.5. Mutuales de Seguridad	70
7.1.6. Ilustre Municipalidad de Petorca	70
7.2. Código del Trabajo	70
7.3. Leyes Laborales	72
7.4. Código de Comercio	73
7.5. Decreto con Fuerza de Ley 340 sobre concesiones marítimas	74
7.6. Decreto con Fuerza de Ley 70, 30 de Diciembre de 1988	75
7.7. Leyes Tributarias	76
7.8. Leyes Varias	76
8. Estudio Tributario	78
8.1. Impuesto a la Renta de Primera Categoría	78
8.2. Impuesto al Valor Agregado (IVA)	78
9. Estudio Organizacional	80
9.1. Tipo de Sociedad	80
9.1.1. Procedimientos Asociados	81
9.1.2. Costos Asociados	82
9.2. Mano de Obra de Operación	83

9.2.1. Características	83
9.2.2. Análisis de Remuneraciones	83
9.2.3. Estructura Organizacional	85
9.2.4. Descripción de Cargos	86
10. Estudio Ambiental	88
10.1. Organismo a considerar	88
10.1.1. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	88
10.2. Ley 19.300	89
10.3. Decreto 90	90
10.4. Estudio de Impacto Ambiental	94
10.4.1. Etapas del Estudio de Impacto Ambiental	97
10.4.2. Costos asociados al Estudio de Impacto Ambiental	98
11. Estudio Económico	99
11.1. Definición de Parámetros	99
11.1.1. Determinación de la tasa de descuento	99
11.1.2. Determinación del VAN	100
11.1.3. Determinación del Horizonte de Evaluación	100
11.2. Depreciaciones	100

11.3. Flujo de Caja	104
11.4. Indicadores del Proyecto	107
12. Análisis de Sensibilidad	108
12.1. Tipo de Cambio USD/UF	108
12.2. Porcentaje de subsidio a la inversión inicial	110
12.3. Análisis de Resultados y Conclusiones	111
12.3.1. Tipo de Cambio USD/UF	111
12.3.2. Porcentaje de subsidio a la inversión inicial	112
13. Conclusiones y Recomendaciones	113
Referencias	119
A. Anexo	126
A.1. Cotización planta de ósmosis inversa	126
A.2. Especificaciones técnicas planta de ósmosis inversa cotizada	127
A.3. Cotización bomba multietapa (350 metros).	128
A.4. Cotización bomba multietapa (300 metros).	129

Índice de tablas

3.1. Límites máximos para elementos esenciales	17
3.2. Límites máximos para elementos no esenciales	17
3.3. Límites máximos para sustancias orgánicas	17
3.4. Límites máximos para plaguicidas	18
3.5. Límites máximos para productos secundarios de la desinfección	18
3.6. Límites máximos para elementos radiactivos	18
3.7. Límites máximos para parámetros organolépticos	19
5.1. Habitantes de Petorca.	27
5.2. Proyección de habitantes de Petorca (2018-2042).	29
5.3. Demandas de agua diarias y anualizadas (2023-2042).	34
6.1. Caudal y sales disueltas totales (TDS) de los flujos del sistema de ósmosis inversa.	51
6.2. Costos eléctricos anuales de la planta de ósmosis (2023-2042).	53

6.3. Costos eléctricos anuales de la bomba multietapa de 350 metros (2023-2042).	58
6.4. Costos eléctricos anuales de la bomba multietapa de 300 metros (2023-2042).	60
6.5. Inversión total en términos técnicos del proyecto.	65
6.6. Costos anuales técnicos del proyecto.	66
9.1. Remuneraciones mano de obra de operación.	84
9.2. Proyección de remuneraciones (2023-2042).	85
10.1. Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.	92
10.2. Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuer- pos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.	93
10.3. Análisis de agua en la ósmosis.	94
11.1. Depreciación de activos.	102
11.2. Depreciación total anual y valor libro.	103
11.3. Flujo de Caja del Proyecto.	104
11.4. Balance de IVA.	106
11.5. Indicadores financieros del Proyecto.	107
12.1. Sensibilización del tipo de cambio USD/UF.	108
12.2. Sensibilización del porcentaje de subsidio.	110

Índice de figuras

4.1. Clasificación de los proyectos.	22
5.1. Consumo per capita en litros ESVAL	30
6.1. Esquema de un sistema de desalinización	35
6.2. Elementos típicos de una membrana	36
6.3. Componentes básicos de una sistema de ósmosis inversa-	37
6.4. Diagrama de flujo de un sistema de ósmosis inversa	39
6.5. Diagrama de flujo de un sistema de ósmosis inversa con recuperador de energía	40
6.6. Sistema de ósmosis inversa dentro de un contenedor	41
6.7. Planta de ósmosis inversa	42
6.8. Layout planta de ósmosis inversa Codelco	43
6.9. Distancia entre el mar y Petorca	44
6.10. Altura de Petorca	45

6.11. Provincia de Petorca	46
6.12. Mapa del santuario de la naturaleza Humedal Salinas de Pullally - Dunas de Longotoma	48
6.13. Simulación de la planta de ósmosis inversa	50
6.14. Distancia entre la planta desalinizadora y Artificio.	55
6.15. Costo de tubería HDPE de 8"	62
6.16. Costo de instalación submarina de tubería HDPE	63
9.1. Organigrama de la empresa	86
10.1. Zona de Protección Litoral	91
12.1. Gráfico Precio del Agua para sensibilización del tipo de cambio USD/UF . . .	110
12.2. Gráfico Precio del Agua para sensibilización del porcentaje de subsidio. . . .	111
A.1. Cotización planta de ósmosis inversa	126
A.2. Especificaciones técnicas planta de ósmosis inversa cotizada	127
A.3. Cotización bomba multietapa (350 metros).	128
A.4. Cotización bomba multietapa (300 metros).	129

1 | Introducción

1.1. Problema de Investigación

El agua ha sido un recurso muypreciado desde los inicios de los tiempos, a causa de que es un elemento vital para la sobrevivencia de todas las especies animales y vegetales, incluidos los seres humanos, es por esta razón que los primeros asentamientos humanos se encontraban cercanos a fuentes de agua dulce como ríos y lagos. Con la aparición de las primeras civilizaciones humanas se mantuvo este comportamiento, por ejemplo la cultura mesopotámica se instaló entre los ríos Eufrates y Tigris, mientras que la civilización egipcia se asentó en el río Nilo (Arias, 2013).

Con el paso de los siglos y los avances tecnológicos, la humanidad adquirió el conocimiento para poder suministrar agua a diversos lugares alejados o remotos, sin necesidad de realizar un gran esfuerzo físico, por ejemplo los acueductos romanos en la antigüedad y hoy en día los sistemas de cañerías y bombas de presión.

Sin embargo, con la llegada de la época moderna, la sociedad de consumo y el uso indiscriminado de los recursos naturales, el agua ha pasado a ser un recurso escaso, principalmente a causa del cambio climático y la escasez de lluvias, por lo cual el acceso al agua potable se ha vuelto más difícil, tanto así, que según la Unicef (2019), en 2017 aproximadamente 1 de cada 3 personas en el mundo no tenían acceso a agua potable.

Ahora bien, en Chile el tema no ha pasado desapercibido, es más, Chile se encuentra dentro de uno de los países con mayor riesgo a futuro de escasez hídrica de América del Sur (World Resources Institute, s.f.), esto debido a la falta de lluvias y el uso excesivo de agua para riego en la agricultura, lo cual ha afectado principalmente a la región de Valparaíso.

La comuna de Petorca específicamente, no ha sido afectada solamente por la megasequía que afecta a la zona central de Chile, sino también, por la mala administración y uso del agua. Tan grave es la situación en Petorca que la provincia completa ha sido declarada “zona de escasez hídrica” en el año 2021 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021).

Sin embargo, en Marzo del 2021 la corte suprema acogió un recurso de protección presentado por el Instituto Nacional de Derechos Humanos, donde se ordenó al estado Chileno a proporcionar 100 litros de agua potable diarios a los habitantes de la provincia de Petorca (Instituto Nacional de Derechos Humanos, 2021).

Pero a pesar de que la cantidad de 100 litros de agua potable diarios es lo que establece como mínimo la Organización Mundial de la Salud (2011) para el aseo y consumo humano, esto no considera la situación en que viven los habitantes de Petorca, donde la mayoría de las familias practican la agricultura y la ganadería. Además, esta cantidad de agua potable también se ve perjudicada por la pandemia actual de COVID-19, donde es imprescindible lavarse las manos la mayor cantidad de veces al día para no esparcir el virus.

Por otro lado, y bajo esta misma línea, varias mineras en el norte del país también sienten los estragos de la escasez hídrica inherente del desierto, pero estas han encontrado una solución viable en las plantas desalinizadoras de agua de mar, tanto para alimentar los campamentos mineros como para usar en los procesos mineros. Por ejemplo, la minera Escondida extrae agua del Océano Pacífico, después, esta agua pasa por un proceso de desalinización y luego es transportada una distancia de 180 kilómetros hasta el yacimiento minero que queda a 3.200 metros de altura (CNN, 2021).

En base a la situación de la comuna de Petorca y tomando como referencia lo que realizan algunas mineras en el norte de Chile, surge la opción de instalar una planta desalinizadora en la zona costera de la provincia de Petorca y que esta transporte agua potable hasta la comuna de Petorca, la cual se encuentra aproximadamente a 50 kilómetros de la costa y tiene una elevación aproximada de 495 m.s.n.m. Por lo cual surgen las preguntas ¿Es factible la instalación de una planta desalinizadora que suministre con agua potable a la comuna de Petorca?, ¿Conviene económicamente la instalación de dicha planta desalinizadora?, ¿Existe una mejora significativa en la situación hídrica en Petorca con la instalación de la planta desalinizadora?

2 | Objetivos

2.1. Objetivo General

Estudiar la prefactibilidad técnica y económica de una planta de desalinización de agua de mar, mediante herramientas de evaluación de proyectos, que permita suministrar de agua potable a la comuna de Petorca en la región de Valparaíso.

2.2. Objetivos Específicos

- Recolectar variada información relevante sobre el escenario hídrico mundial y nacional, para comprender el contexto hídrico en el que se encuentra el mundo y el país.
- Recolectar información relevante y diversa acerca de la situación hídrica en Petorca, con el fin de identificar la situación hídrica actual de la comuna.
- Identificar los pasos para la potabilización del agua, con el fin de conocer la base teórica del proceso productivo del agua potable.
- Identificar las características de una planta desalinizadora, para generar una base técnica y teórica sobre la cual trabajar.

- Realizar los estudios pertinentes de una evaluación de proyectos, tales como de Mercado, Técnico, Legal, Tributario, Organizacional, Ambiental y Económico, con la finalidad de conocer la prefactibilidad de la planta desalinizadora.
- Definir la tarifa del metro cubico de agua potable con la instalación de la planta desalinizadora, con el fin de verificar si existe una mejora con respecto a la situación actual de Petorca.
- Realizar un análisis de sensibilidad unidimensional sobre ciertas variables del proyecto, para observar el comportamiento de la tarifa del metro cubico de agua bajo distintos escenarios.

2.3. Alcances

Los alcances del presente estudio son:

- El estudio está limitado a la provincia de Petorca, centrándose en la comuna de Petorca, la zona costera de dicha provincia y zonas intermedias.
- El horizonte de evaluación se considerará de 20 años.
- El estudio técnico abarcará el proyecto hasta antes del proceso de almacenamiento final del agua potable en Petorca, omitiendo así, almacenamiento final, red distribución del agua potable y tratamiento de aguas residuales.
- Se realizarán los estudios de mercado, técnico, legal, tributario, organizacional, ambiental y económico.
- Se utilizará una tasa de cambio de UF a CLP de $34.391 \frac{CLP}{UF}$.
- Se utilizará una tasa de cambio de USD a CLP de $938 \frac{CLP}{USD}$.

- Se utilizará una tasa de cambio de UF a USD de $36,66 \frac{USD}{UF}$.
- Se utilizará una tasa de cambio de UTM a CLP de $52.842 \frac{CLP}{UTM}$.
- El estudio económico será realizado completamente en USD.
- Para el estudio económico, los precios originalmente en USD se mantendrán en esta moneda y aquellos en precios en CLP, serán transformados a UF y posteriormente a USD, para así trabajar completamente en USD.

3 | Marco Teórico

3.1. Escenario Mundial

La superficie del planeta Tierra está cubierta en su mayor parte por agua, tanto así, que el 71 % de la superficie del planeta está compuesta por agua, formando así, la hidrosfera, la cual se define como “Conjunto de partes líquidas del globo terráqueo.” (Real Academia Española, s.f.). Este conjunto de partes comprende océanos, mares, ríos, lagos, cuencas y demás masas y corrientes de agua.

A pesar de esta gran cantidad de agua que existe en la tierra, esta se distribuye entre agua dulce y agua salada, representando esta última un 97,5 % del agua total en la Tierra, mientras que el agua dulce representa tan solo un 2,5 % (Fundación Aquae, s.f.). Sin embargo, la mayoría de estas reservas de agua dulce se encuentran en estado sólido en forma de casquetes glaciales o nieve, lo cual dificulta su transformación en agua líquida para que sean consumidas. Es por esta razón que la mayoría de las aguas dulces utilizadas para consumo humano y agrícola son provenientes de napas subterráneas o de ríos, lagos y arroyos.

Ahora bien, con el paso del tiempo, el cambio climático, la contaminación de aguas dulces, el aumento del consumo humano e industrial, la mala gestión del recurso, entre otros factores, han causado que la escasez de agua a nivel mundial se incremente año tras año (BBVA, 2021).

Según la FAO (2020), en la actualidad, aproximadamente 3.600 millones de personas alrededor del mundo viven en zonas que podrían sufrir escasez de agua al menos un mes al año, lo cual representa aproximadamente a la mitad de la población mundial al año 2020, la cual fue de 7.753 millones de personas según datos del Banco Mundial (2021). Además, se prevé que la cifra de personas que viven en zonas que podrían sufrir escasez de agua al menos un mes al año, podría alcanzar entre 4.800 y 5.700 millones de personas en el 2050.

3.2. Escenario Nacional

En cuanto a Chile, los métodos principales de captación de agua, son de fuentes superficiales y subterráneas. Las fuentes superficiales representan el 52 % del total de agua extraída en Chile, mientras que un 47 % de viene de fuentes subterráneas, y tan solo 1 % del total de agua viene del océano. Este 1 % esta compuesto por 2 plantas desaladoras operativas en el norte de Chile, donde una de ellas se encuentra en la ciudad de Antofagasta y la otra en Taltal (Istúriz, 2019).

En términos de crisis hídrica, Chile no se ha visto exento de este fenómeno, especialmente a causa del cambio climático, el cual ha provocado una disminución de lluvias en la zona central de Chile, originando una mega-sequía en dicha zona. Otros factores que agudizan la crisis son, la mala gestión de los recursos hídricos, junto con el aumento de la demanda, por el sobre-otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas, los cuales no han hecho mas que incrementar la crisis hídrica del país. Tanto es el daño de la mala gestión y la sobre demanda de este recurso en Chile, que según Escenarios Hídricos 2030 (2019), estos 2 factores son los causantes del 61 % de la escasez de agua en las principales cuencas del país.

Esta crisis hídrica también se ve reflejada en los datos obtenidos del Censo 2017 en

Chile, donde se cuantificó que 383.204 viviendas no cuentan con servicio de agua potable vía red pública, afectando principalmente a zonas rurales del país (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018). No hay duda que este problema se ha incrementado con el paso de los años, a causa de la mega-sequía y recientemente por la pandemia mundial de Covid-19 que ha impactado tanto a Chile como al mundo entero.

3.3. Situación en Petorca

Petorca es una comuna ubicada en el interior de la Región de Valparaíso Chile, cuya actividad principal es la agricultura, destacando la producción de paltas, fruta que necesita de abundante agua para su cultivo (Gobernación Provincia de Petorca, s.f.). Además, esta comuna es la que se ha visto como la principal afectada por la mega-sequía presente en la zona central de Chile.

La empresa sanitaria que rige en Petorca es ESVAL S.A. y los recursos hídricos de la comuna de Petorca son provistos por la cuenca de Petorca, la cual, a diferencia de otras cuencas, no se alimenta de glaciares andinos, si no que depende completamente de los niveles de lluvia y nieve de la zona. Es por esta razón que la falta de lluvias y nieve en la zona, atribuibles al cambio climático y al calentamiento global, ha afectado en gran manera a la comuna de Petorca (Muñoz *et al.*, 2020).

Además de estos efectos directos del cambio climático, como la disminución de las precipitaciones y el aumento de la temperatura a través de los años, otros dos problemas que afectan a Petorca son, la disminución del nivel de aguas subterráneas en la zona, la cual ha disminuido en un 300 % entre los años 2010 y 2020 en comparación a la década pasada, junto con el sobre-otorgamiento de derechos de agua, los cuales representan aproximadamente un 18 % de la lluvia de un año promedio (Muñoz *et al.*, 2020).

El principal problema en términos de manejo del agua es el bajo control y fiscalización de los derechos de agua otorgados. Esto ha afectado notablemente a Petorca, puesto que, en el año 1997 la cuenca de Petorca se declaró vaciada, pero apenas en el año 2008 la Dirección de Aguas tomó control de las extracciones realizadas. Sin embargo, en el periodo 2008-2018 la Dirección General de Aguas recibió 241 denuncia por extracciones ilegales de agua en Petorca (Muñoz *et al.*, 2020).

La falta de agua en la zona ha originado que aproximadamente un 35 % de la población de Petorca, dependa exclusivamente de agua suministrada por camiones aljibes (Mundaca, 2020).

3.4. Proceso productivo del agua

El agua destinada para consumo humano pasa por distintos procesos antes de llegar a los consumidores finales, pasando por la captación del agua en su estado bruto, hasta la distribución de esta a los hogares de las personas.

Los encargados de estos procesos son las empresas distribuidoras de agua, las cuales potabilizan las aguas en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).

Los procesos a los que es sometida el agua depende de la fuente y su calidad, pero los procesos generales son los siguientes, según indican Casero (2007) y ESVAL (s.f.):

- **Captación:** El agua se extrae desde las fuentes de esta, las cuales pueden ser fuentes superficiales tales como, lagos y ríos, o fuentes subterráneas como pozos profundos. Luego, el agua es transportada por acción de la gravedad mediante tuberías o con ayuda de bombas de presión hasta la planta de tratamiento de agua potable.
- **Desbaste:** Una vez captada el agua, esta pasa a través de rejas para evitar el paso de

grandes sólidos que puedan dañar la planta.

- **Tamizado:** Luego del desbaste, el agua pasa por un filtro mas pequeño que permite evitar el paso de objetos de menor tamaño que lograron superar el desbaste, tales como hierba, insectos, ramas pequeñas, algas entre otros.
- **Desarenado:** Esta etapa tiene como objetivo, eliminar la arena, grava y/o partículas finas presentes en el agua. Con la finalidad de evitar la sedimentación en las partes funcionales de la planta.
- **Coagulación y Floculación:** El proceso de coagulación consiste en añadir coagulantes al agua, con el objetivo de favorecer la sedimentación de partículas coloidales¹ no sedimentables. Mientras que la floculación consiste en mover o agitar los sedimentos formados, para que estos puedan sedimentar mas fácilmente.
- **Decantación:** Luego de sedimentadas las partículas coloidales, estas se separan del agua y caen al fondo del estanque por la diferencia de densidad. Por lo cual, se deja pasar solo el agua al siguiente paso y no la materia solida del fondo del estanque.
- **Filtración:** Luego de la decantación, el agua pasa por el proceso de filtración, el cual tiene la finalidad de eliminar agentes contaminantes tales como partículas no deseadas y microorganismos.
- **Desinfección:** Luego de la filtración, se realiza un ultimo proceso de desinfección de agua, a través de la clorificación, con el fin de suministrar un agua limpia, libre de patógenos, blanda, inodora e insípida. Dejando así el agua potable y lista para el consumo humano.
- **Transporte y almacenamiento:** Finalizados los procesos químicos y físicos por los cual tiene que pasar el agua para ser potable, esta es transportada y almacenada en

¹Sistema formado por partículas que se encuentran en dos fases distintas una solida y una fluida (liquida o gaseosa).

las localidades donde se distribuirá a los consumidores finales.

3.5. Ósmosis Inversa

La ósmosis es un fenómeno físico pasivo que ocurre cuando existen dos soluciones en un mismo medio, con distintas concentraciones, que están separadas por una membrana semipermeable ².

Cuando dos soluciones se encuentran en esta situación, el solvente ³ se difunde, a través de la membrana semipermeable, desde el líquido de menor concentración al de mayor concentración hasta lograr un equilibrio en las concentraciones. Cabe destacar que este fenómeno ocurre de manera natural y pasiva, y no implica un gasto de energía (Costa, 2019).

Por otro lado, la ósmosis inversa, tal como indica su propio nombre, es el proceso inverso a la ósmosis normal, donde, a través de una presión externa, se logra pasar el solvente de la solución a través de la membrana semipermeable, desde el líquido de mayor concentración al de menor concentración. Eliminando así, aproximadamente el 95 % del soluto de la solución, el cual puede estar compuesto de iones monovalentes, iones divalentes, sustancias orgánicas y sustancias inorgánicas (Valdivieso, s.f.).

Es por esta razón que la ósmosis inversa puede ser utilizada para separar la sal del agua de mar. Esta etapa sería posterior a la etapa de *Filtración* y antes de la *Desinfección*, procesos que son descritos en la Sección 3.4

3.6. Otros tipos de desalinización

Además de la desalinización vía ósmosis inversa, existen distintos métodos para desalinizar el agua. Estos son los que se presentan a continuación (Fundación Aquae, s.f) (Acosta,

²Membrana que permite el paso de ciertas moléculas o iones, mediante difusión.

³Sustancia química en la que se disuelve un soluto.

2020).

- Destilación: Este método se basa en aplicarle calor al agua salada para evaporarla y luego condensarla en agua dulce.
- Congelación: Este método busca congelar el agua salada para formar cristales de hielo puro. Para después transformar este hielo en agua dulce.
- Evaporación Relámpago: Este proceso se basa en introducir el agua salada en forma de gotas de pequeño diámetro, en una cámara de baja presión. Estas al estar por debajo de la presión de saturación se evaporan rápidamente, para posteriormente ser condensadas en agua desalinizada.
- Electrodialisis: Este proceso consta en hacer pasar una corriente eléctrica por el agua salada. Esta corriente interactúa con los iones Na^+ y Cl^- , disueltos en el agua salada, atrapándolos para posteriormente conseguir solo agua desalinizada.

3.7. Agua potable rural

En las zonas rurales de Chile existen los sistemas de Agua Potable Rural (APR), los cuales son sistemas de agua potable, administrados, mantenidos y operados por las comunidades rurales en forma de comités, los cuales a su vez son asesorados y asistidos por el estado (Ministerio de Obras Públicas, s.f).

La operación de estos APR consta en adquirir y/o producir agua potable acorde a las normas y técnicas de calidad de agua. Además, para el correcto funcionamiento y la sustentabilidad de estas, se cobra una tarifa de consumo a los clientes (Ministerio de Obras Públicas, s.f).

El programa de agua potable rural nació en 1964, tomando como base los siguientes compromisos (Ministerio de Obras Públicas, s.f.):

- Resolución de la XII^a Asamblea Mundial de la Salud, del año 1959, que estableció como prioritario el abastecimiento público de agua.
- El acuerdo “Carta de Punta del Este”, del año 1961, firmada por los Ministros de Salud de América Latina, que estableció como meta el abastecimiento de agua potable al 50 % de la población rural, en la década 1960-1970.

En 2019, estos sistemas alcanzaron un número de aproximadamente 1897 sistemas APR a lo largo de todo Chile. Los cuales abastecen a más del 99 % de la población de zonas rurales, alcanzando un número de 1.740.639 habitantes beneficiados (Ministerio de Obras Públicas, s.f).

3.8. Norma NCh 409/01

La norma chilena NCh 409/01 define los requisitos de calidad del agua potable a lo largo de todo el país y aplica para el agua de todo tipo de abastecimiento. Los parámetros de calidad que define esta norma se dividen en tipos y son los que se presentan a continuación (Instituto Nacional de Normalización, 2005):

- Microbiológicos y de Turbiedad (Tipo I): En términos de turbiedad, el agua debe cumplir con los siguientes parámetros simultáneamente:
 - Turbiedad media mensual ≤ 2 UNT ⁽⁴⁾
 - De todas las muestras que se analicen mensualmente, la turbiedad puede superar el valor de 4 UNT en una muestra, cuando se hayan realizado menos de 20 muestras

⁴Unidad nefelométrica de turbidez

en el mes, o en el 5 % de la muestra, cuando se hayan analizado 20 o mas muestras en el mes.

- Ninguna muestra puede exceder el valor de 20 UNT.
- No pueden presentarse en un mismo periodo de 24 horas, muestras con turbiedad entre 10 y 20 UNT.

En cuanto a parámetros microbiológicos, el agua debe cumplir con los siguientes criterios, simultáneamente:

- El agua potable debe estar exenta de *Escherichia coli*
 - De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en una muestra si se han analizado menos de 10 muestras en el mes, o en el 10 % de las muestras, cuando se han analizado 10 o mas muestras en el mes.
 - De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en una concentración mayor o igual a 5 UFC ⁽⁵⁾ o NMP ⁽⁶⁾ por 100 ml en una muestra si se han analizado menos de 20 muestras en el mes, o en el 5 % de las muestras, cuando se han analizado 20 o mas muestras en el mes.
 - En cada uno de los sectores de un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en una muestra, si se han analizado menos de cuatro muestras en el sector, o en el 25 % de las muestras del sector si se han analizado cuatro o mas muestras en el mes en dicho sector.
- Sustancias Químicas de importancia para la salud (Tipo II): Con respecto a las sustancias químicas que son de importancia para la salud, el agua potable no puede contener

⁵Unidades formadoras de colonias

⁶Número más probable

los siguientes elementos o sustancias en las concentraciones indicadas en las tablas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5.

Tabla 3.1: Límites máximos para elementos esenciales

Elemento	Expresado como elementos totales	Límite Máximo mg/L
Cobre	Cu	2,0
Cromo	Cr	0,05
Fluoruro	F^-	1,5
Hierro	Fe	0,3
Manganeso	Mn	0,1
Magnesio	Mg	125,0
Selenio	Se	0,01
Zinc	Zn	3,0

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

Tabla 3.2: Límites máximos para elementos no esenciales

Elemento o sustancia	Expresado como elementos o sustancias totales	Límite Máximo mg/L
Arsénico	As	0,01
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN^-	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Nitrato	NO_3^-	50
Nitrito	NO_2^-	3
Plomo	Pb	0,05

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

Tabla 3.3: Límites máximos para sustancias orgánicas

Sustancia	Límite máximo $\mu\text{g/L}$
Tetracloroetano	40
Benceno	10
Tolueno	700
Xilenos	500

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

Tabla 3.4: Límites máximos para plaguicidas

Plaguicida	Límite máximo $\mu\text{g/L}$
DDT + DDD + DDE	2
2,4 - D	30
Lindano	2
Metoxicloro	20
Pentaclorofenol	9

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

Tabla 3.5: Límites máximos para productos secundarios de la desinfección

Producto	Límite máximo mg/L
Monocloroamina	3
Dibromoclorometano	0,1
Bromodiclorometano	0,06
Tribromometano	0,1
Triclorometano	0,2
Trihalometanos	1

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

- Elementos Radiactivos (Tipo III): Con respecto a los elementos radiactivos, el agua no puede presentar concentraciones mayores a las especificadas en la Tabla 3.6

Tabla 3.6: Límites máximos para elementos radiactivos

Elemento	Límite Máximo [Bq/L]
Estroncio 90	0,37
Radio 226	0,11
Actividad base total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	37
Actividad beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40 y otros radioemisores naturales)	1,9
Actividad alfa total (incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	0,55

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

- Parámetros Organolépticos (Tipo IV): Las propiedades organolépticas son las propiedades de un alimento u otro producto que son percibidas mediante los sentidos, incluidos

su sabor, color, olor y textura. En cuanto a estas propiedades el agua debe cumplir con los parámetros expuestos en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Límites máximos para parámetros organolépticos

Producto	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Físicos:	-	-	-
Color verdadero	-	Unidad Pt-Co	20
Olor	-	-	inodora
Sabor	-	-	insípida
Inorgánicos:	-	-	-
Amoniaco	NH ₃	mg/L	1,5
Cloruro	Cl ⁻	mg/L	400
pH	-	-	6,5 < pH < 8,5
Sulfato	SO ₄ ⁻²	mg/L	500
Sólidos disueltos totales	-	mg/L	1500
Orgánicos:	-	-	-
Compuestos fenólicos	Fenol	μg/L	2

Fuente: Instituto Nacional de Normalización.

- Parámetros de Desinfección (Tipo V): Para que el agua potable sea distribuida por redes de distribución es necesario que esta sea sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo, de forma permanente en la red. Teniendo esto en cuenta, se deben cumplir los siguientes puntos, simultáneamente:
 - La concentración residual máxima de cloro libre debe ser de 2,0 mg/L en condiciones normales, en cualquier lugar de la red.
 - La concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0,2 mg/L, en cualquier lugar de la red.
 - De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, un número menor o igual al 10% de ellas puede tener una concentración residual de desinfectante activo inferior al mínimo establecido. Y además, cuando se analicen 100 o menos muestras, un número no mayor a una muestra puede

tener ausencia de cloro residual libre. Y cuando se analicen mas de 100 muestras, a lo mas tres muestras pueden tener ausencia de cloro residual libre.

4 | Metodología

4.1. Principios para la evaluación de proyectos

Según Sapag y Sapag, “Un proyecto es, ni más ni menos, la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantos, una necesidad humana” (2008). En el presente estudio, el proyecto es la implementación de una planta desalinizadora que impulse el agua procesada hasta Petorca, siendo así una solución inteligente a un problema como la falta de agua.

Es por esta razón que, para el desarrollo de este estudio de prefactibilidad se utilizará la metodología de evaluación de proyectos orientada a la viabilidad económica planteada por Sapag y Sapag (2008), con la cual se busca que la evaluación del proyecto sea un instrumento que provee información para el encargado de la toma de decisiones de inversión del proyecto.

Los proyectos se pueden clasificar según la finalidad del estudio o según el objeto de la inversión, tal como se muestra en la Figura 4.1.

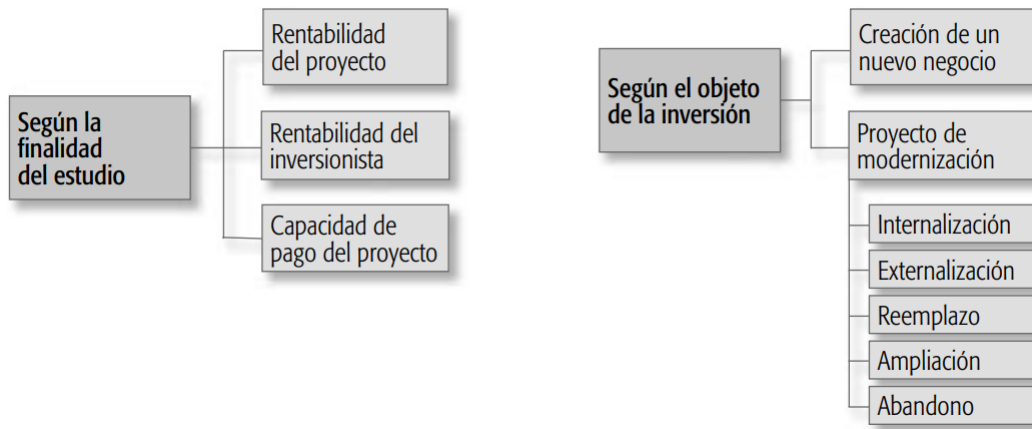


Figura 4.1: Clasificación de los proyectos.

Fuente: Preparación y evaluación de proyectos (Sapag y Sapag, 2008).

Tomando en consideración lo anterior, el presente estudio buscara medir la rentabilidad del proyecto, independientemente de donde provengan los fondos, por lo cual para el desarrollo de este estudio de prefactibilidad se realizaran los siguientes estudios: Estudio de Mercado, Técnico, Económico, Organizacional, Legal y de Impacto Ambiental.

4.2. Estudio de Mercado

El estudio de mercado busca describir la demanda que será abarcada por el proyecto y en consecuencia los ingresos potenciales que tendría el proyecto. En este estudio también se debe hacer una análisis de la oferta del mercado en relación al producto o servicio que ofrecerá el proyecto.

La finalidad de estudiar tanto la oferta como la demanda del producto o servicio que ofrece el proyecto, es de comparar estos parámetros y definir que parte de la brecha entre ellos se puede abarcar con el proyecto en evaluación.

4.3. Estudio Técnico

El estudio técnico consta en recopilar todo tipo de información que respecte a las características técnicas del proyecto, tales como materiales, equipos y mano de obra, que garanticen la capacidad de producción del proyecto. Una vez recopilada esta información técnica se puede cuantificar el nivel de inversión del proyecto junto con los costos de operación del mismo.

Junto a esta recopilación de información, también es necesario definir el tamaño del proyecto, ya que esto afecta directamente a la inversión, los costos de operación y los resultados del flujo de caja. Distintos tamaños de proyecto, impactan de manera sustancial al volumen de producción del proyecto.

Además, el estudio técnico también contempla en decidir la localización del proyecto, para así poder comprender y analizar las restricciones de tipo geográficas de la zona, tales como accesibilidad, factores ambientales y la posibilidad de desprenderse de desechos.

4.4. Estudio Legal

El estudio legal del proyecto busca establecer el marco legal en el cual se puede desenvolver el proyecto, con distintas restricciones a las que se debe apegar el proyecto, como también los aspectos tributarios que debe cumplir el proyecto.

Dentro del estudio legal también se deben determinar los costos necesarios para cumplir plenamente con los aspectos legales que rodean el proyecto.

Este estudio tiene gran impacto, dado que puede causar que el proyecto completo no se viable dadas las restricciones legales existentes.

4.5. Estudio Tributario

El estudio tributario del proyecto busca establecer cuales serán las condiciones tributarias en las cuales se desarrollará el proyecto, estableciendo la tasa impositiva y los efectos del IVA, para así poder definir de buena manera ciertos parámetros del estudio económico a realizar.

4.6. Estudio Organizacional

El objetivo del estudio organizacional es definir la estructura organizacional del proyecto junto los cargos y perfiles de cargo necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Dentro de este estudio también se define el personal necesario para la operación del proyecto, el sistema de gestión administrativo junto a otros aspectos organizacionales y administrativos del proyecto.

La realización de este estudio permite determinar los costos operativos del proyecto en términos de mano de obra, los cuales aportan a la realización del estudio económico.

4.7. Estudio Ambiental

En los últimos años, el tema medioambiental ha ganado gran importancia dado los nuevos conocimientos que tiene la sociedad acerca de este tema. Es por esta razón que dentro de la evaluación de proyectos se incluye el estudio de impacto ambiental, el cual tiene como enfoque las normas ISO 14.000 las cuales buscan entregar a los consumidores mejoras ambientales continuas del producto que otorgará el proyecto, minimizando los costos futuros

de una eventual reparación de los daños causados al medio ambiente.

Para lograr esto se debe verificar el marco legal ambiental vigente, verificar el cumplimiento de normas, cumplir con distintos estudios tales como vial y de impacto ambiental.

La realización de este estudio permite determinar los costos asociados a estos análisis y el cumplimiento de las normas, los cuales se ven reflejados en la inversión.

4.8. Estudio Económico

El estudio económico tiene como objetivo sintetizar toda la información de los estudios anteriores en términos monetarios, siendo considerado uno de los estudios mas importantes, dado que en el se resume si el proyecto es viable o no.

Este estudio busca expresar las inversiones, costos de operación e ingresos del proyecto, en un flujo de caja, con el fin de obtener distintos indicadores económicos que muestren la rentabilidad del proyecto, tales como VAN, TIR, Payback entre otros.

Dentro de este estudio también es importante realizar un análisis de sensibilización de ciertos parámetros del proyecto, con el fin de ver como y cuanto cambian los indicadores económicos del proyecto, teniendo así un espectro mayor sobre la rentabilidad del proyecto.

5 | Estudio de mercado

5.1. Demanda de agua

Lo que busca el presente estudio es enviar el agua desalinizada desde la zona costera de la provincia de Petorca, hacia la comuna de Petorca, la cual se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la costa.

Para lograr esto, lo primero que se debe establecer para la evaluación de una planta desalinizadora, es la cantidad de agua que demandarán los beneficiarios. Para el desarrollo de la evaluación de este proyecto se considerará que esta planta busca alimentar con agua potable desalinizada a la parte de la población de Petorca que se suministra solo con camiones aljibes hasta un horizonte de evaluación de 20 años.

En línea con lo anterior, se considerará que la cantidad de agua que demandará cada persona es de 200 litros, siendo esto el doble de lo que establece la OMS como mínimo de agua potable diaria para el aseo y consumo humano.

Además de esto, se realizará una proyección de la demanda de agua a 20 años (2042), considerando un consumo de agua per cápita de 200 litros. Esta proyección de demanda se realizará proyectando la cantidad de habitantes en Petorca para el año 2042 y además, analizando el consumo máximo, promedio en un año normal, para así lograr estimar de

manera correcta la demanda de agua máxima a futuro.

Teniendo esto en consideración, para calcular la demanda total de agua se multiplicará la cantidad de habitantes de Petorca que se suministran solo con camiones aljibes para el año 2042 (los cuales al año 2020 son un 35 % de la población (Mundaca, 2020)), por una cantidad de 200 litros y además por un factor entre el consumo máximo de un año en comparación y el promedio. De esta forma, la cantidad de agua demandada consideraría el peak en el consumo humano, el cual se presenta normalmente en verano.

5.1.1. Proyección de personas

Según los 3 últimos censos de población en Chile, la población de Petorca ha aumentado levemente con el paso de los años. La cantidad de habitantes se presenta en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Habitantes de Petorca.

Año	Habitantes
1992	9.273
2002	9.440
2017	9.826

Fuente: INE.

Al realizar un análisis sobre estos datos se puede observar que la población de Petorca ha aumentado en tan solo 553 habitantes entre el año 1992 y 2017. Este leve aumento está en concordancia con la realidad de la comuna de Petorca, ya que al ser una pequeña comuna rural, no presenta aumentos explosivos en la cantidad de habitantes.

El cambio porcentual de habitantes entre 1992 y 2002, es de 1,80 % aproximadamente, mientras que entre 2002 y 2017 existe un cambio porcentual de aproximadamente 4,09 %.

Considerando estos datos, se obtiene, mediante la Ecuación 5.1, que el cambio porcentual anual del periodo 1992-2002 es de 0,18 %, y para el periodo 2002-2017 es de 0,27 %.

$$i_1 = (1 + i_2)^{\frac{1}{n_2}} \quad (5.1)$$

Donde:

- i_1 : Cambio porcentual anual.
- i_2 : Cambio porcentual del periodo correspondiente.
- n_1 : Cantidad de años en un año.
- n_2 : Cantidad de años del periodo.

En base a lo anterior, para lograr estimar la cantidad de habitantes de Petorca al año 2042, se realizará un promedio simple entre el cambio porcentual anual del periodo 1992-2002 y 2002-2017, resultando en un 0,22 %.

Dicho esto, la cantidad de habitantes estimados de la comuna de Petorca desde el año 2018 hasta el 2042 se encuentra en la Tabla 5.2, de la cual se obtiene una población proyectada para el 2042 de **10.389** habitantes.

A pesar de que el crecimiento de la población de Petorca a 20 años no es tan grande, esta cantidad de habitantes debe ser considerada al momento de estimar la demanda futura de agua potable.

Tabla 5.2: Proyección de habitantes de Petorca (2018-2042).

Año	Cantidad de Habitantes
2018	9.848
2019	9.870
2020	9.892
2021	9.914
2022	9.936
2023	9.958
2024	9.980
2025	10.003
2026	10.025
2027	10.047
2028	10.070
2029	10.092
2030	10.115
2031	10.137
2032	10.160
2033	10.183
2034	10.205
2035	10.228
2036	10.251
2037	10.274
2038	10.297
2039	10.320
2040	10.343
2041	10.366
2042	10.389

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Peak de Verano

Con el afán de que el cálculo de la demanda a futuro considere el peak de consumo anual, se realiza un análisis entre el consumo anual en promedio y el consumo en verano de los clientes de Esva.

En la Figura 5.1, se muestra un estudio realizado por la Superintendencia de Servicios

Sanitarios (SISS), la cual es un organismo fiscalizador de las empresas concesionarias que prestan los servicios de agua potable y alcantarillado.

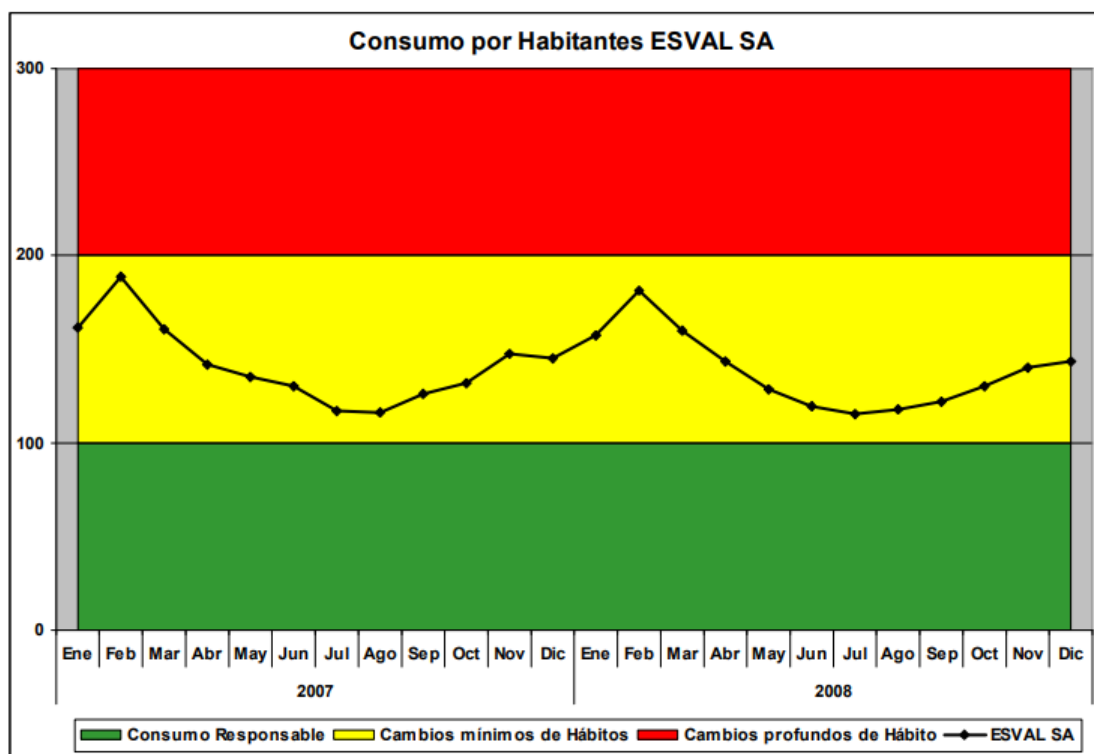


Figura 5.1: Consumo per capita en litros ESVAL

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (2009).

De este estudio realizado, se desprende que los clientes de ESVAL, la cual es la entidad sanitaria que presta servicios de agua potable en la V región, consumen en promedio **140 litros diarios per cápita** de agua potable, mientras que en el peak del verano, estos consumen un máximo de **189 litros diarios per cápita**.

Sin embargo, dado que el peak de consumo ocurre en Enero, esto coincide con la fecha en la que existe una mayor cantidad de turistas en la quinta región. Estos turistas corresponden a la llamada población flotante, por lo cual, parte de este peak en el consumo de agua se debe a la gran cantidad de personas que hay en la región en dicha fecha.

Dicho lo anterior, se calculará el peak del verano, sin el efecto de la población flotante. Para esto se considerará el informe anual de turismo 2007 (Servicio Nacional de Turismo, 2008), el cual indica que en enero del 2007 la cantidad de pasajeros que llegaron a establecimientos de alojamiento turístico de la quinta región fue de 64.145 personas, y además, tomando en cuenta que según el censo de 2002 (Instituto Nacional de Estadísticas, s.f.) la región de Valparaíso tenía una población de 1.539.852 habitantes, se obtiene que la población flotante de la región de Valparaíso en enero de 2007 representaba un 4,17 % de la población total.

Por ende, se considerará que el peak de consumo del verano es un 4,17 % menos de lo que presenta el estudio de la SISS, obteniéndose así un consumo máximo de **181 litros diarios per cápita**.

Dicho lo anterior, al realizar un factor entre el peak del verano y el consumo promedio de los clientes de ESVAL, se consigue un factor de 1,29, indicando que en verano, normalmente se consume un 29 % mas de agua que el promedio.

5.1.3. Demanda de agua al 2042

Tomando en consideración lo mencionado en la Subsección 5.1.1 y la Subsección 5.1.2, que la cantidad de habitantes proyectada para Petorca al 2042 es 10.389 personas y que se beneficiara a estas con 200 litros de agua diarios, y considerando además, que en verano normalmente se consume un 29 % mas de agua potable y que el porcentaje de personas suministradas por camiones aljibes pasará de 35 % a 50 %, la cantidad de agua demandada proyectada para 2042, se calcula con la formula presentada en la Ecuación 5.2.

$$Demanda_{2042} = Población_{2042} \cdot 50 \% \cdot 200 \frac{l}{dia \cdot hab.} \cdot Factor\ peak\ de\ verano \quad (5.2)$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 5.2, se obtiene que la demanda de agua al año 2042, será de **1.340.181 litros por día**, lo cual es equivalente a **1.341 metros cúbicos al día**.

5.2. Oferta de Agua

Dada la gran sequía existente en la región de Valparaíso, el 35 % de la comuna de Petorca depende exclusivamente del reparto de agua mediante camiones aljibes (Mundaca, 2020), con un racionamiento de 50 litros diarios por persona. Sumado a esto, el costo promedio de 1 metro cubico suministrado por camiones aljibe en la comuna de Petorca es de 10.040 CLP (Fragkou *et al.*, 2022).

Esto representa que la oferta actual de agua potable para el 35 % de la comuna de Petorca, considerando una población de 9.936 personas, es de **173.880 litros diarios**.

5.2.1. Oferta de Agua al 2042

Para poder estimar la oferta de agua al año 2042, se considerará la parte de la población que solo se abastece mediante camiones aljibe, por lo cual para estimar esta oferta, se multiplicará la cantidad de personas que dependerán exclusivamente de camiones aljibes por la cantidad de agua suministrada por estos.

Según la proyección de la Tabla 5.2, la cantidad de habitantes al 2042 será de 10.389, además la corte suprema autorizó que a partir del año 2020 se fijara un suministro de 100 litros diarios (Instituto Nacional de Derechos Humanos, 2021). También, se considerará que, a causa de la continuación de la mega sequía, la parte de la población que depende exclusivamente de camiones aljibes pasará de 35 % a un 50 %.

Dicho lo anterior, la oferta de agua al año 2042, se calcula mediante la Ecuación 5.3, de la cual se obtiene una oferta de **549.450 litros diarios**, lo cual es equivalente a **550 metros cúbicos diarios**.

$$Oferta_{2042} = Población_{2042} \cdot 50 \% \cdot 100 \frac{l}{dia \cdot hab.} \quad (5.3)$$

5.3. Análisis de brecha oferta/demanda

Al calcular tanto la demanda como la oferta de agua al año 2042, se obtiene que estos son 1.341 y 550 metros cúbicos diarios respectivamente, de lo cual se obtiene una brecha entre demanda y oferta de 791 metros cúbicos, por lo cual el presente proyecto debería abarcar cierta cantidad de esta brecha, sin embargo, dado que este nivel de oferta es suministrado por camiones aljibes cuyo precio por metro cubico es excesivo, se considerará que el presente proyecto busca cubrir todo el nivel de demanda al año 2042 que son **1.341 metros cúbicos diarios**. Intentando así, beneficiar completamente a la parte de la población que depende exclusivamente de camiones aljibes.

Al utilizar la Ecuación 5.2 para todos los años desde el 2023 hasta el 2042, se obtienen las demandas de agua diarias y anualizadas para dichos años, las cuales se presentan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Demandas de agua diarias y anualizadas (2023-2042).

Año	Población	Demanda diaria de Agua [m³]	Demanda anual de Agua [m³]
2023	9.958	1.285	469.025
2024	9.980	1.288	470.120
2025	10.003	1.291	471.215
2026	10.025	1.294	472.310
2027	10.047	1.297	473.405
2028	10.070	1.300	474.500
2029	10.092	1.302	475.230
2030	10.115	1.305	476.325
2031	10.137	1.308	477.420
2032	10.160	1.311	478.515
2033	10.183	1.314	479.610
2034	10.205	1.317	480.705
2035	10.228	1.320	481.800
2036	10.251	1.323	482.895
2037	10.274	1.326	483.990
2038	10.297	1.329	485.085
2039	10.320	1.332	486.180
2040	10.343	1.335	487.275
2041	10.366	1.338	488.370
2042	10.389	1.341	489.465

Fuente: Elaboración propia.

6 | Estudio Técnico

6.1. Desalinización

Un sistema de desalinización, cualquiera sea su tecnología, funciona de tal manera que a partir de un agua cruda o de alimentación, esta pasa por una planta desalinizadora donde se obtiene agua producto desalada y un agua rechazo en forma de salmuera. La descripción del funcionamiento de este sistema se muestra en la Figura 6.1.

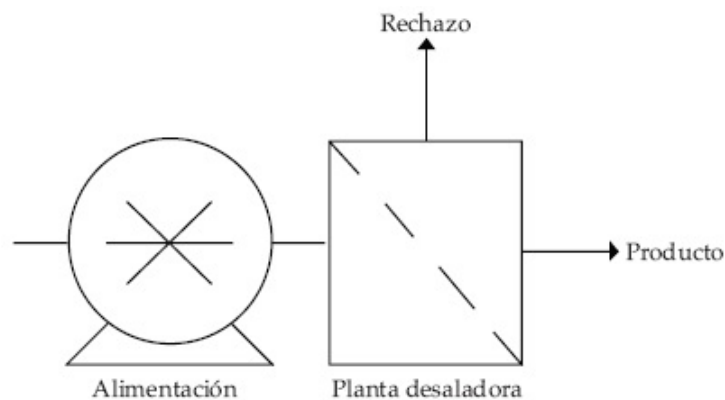


Figura 6.1: Esquema de un sistema de desalinización

Fuente: Dévora-Isiordia *et al.* (2013).

6.2. Sistema de ósmosis inversa

Para lograr eliminar las sales provenientes del agua de mar, se puede utilizar un sistema de ósmosis inversa, el cual está compuesto de distintos equipos, los cuales al trabajar en conjunto, logran eliminar la mayor cantidad de sales del agua de alimentación, para obtener un agua producto básicamente desalinizada.

Este tipo de desalinización vía ósmosis inversa es potencialmente el método mas sencillo y con mayores rendimientos energéticos (Dévora-Isiordia *et al.*, 2013). Esta consta en pasar el agua de alimentación por un set de membranas semipermeables enrolladas en forma de espiral alrededor de un tubo recolector, tal como se puede observar en la Figura 6.2. Al pasar el agua de alimentación por estas membranas, parte de esta agua se logra permear hacia el tubo recolector del centro de la membrana, obteniéndose agua libre de sales llamada, permeada o producto, mientras que la parte del agua que no logró permearse al tubo recolector, llega hasta el otro extremo de la membrana de manera concentrada, obteniendo así agua de rechazo o concentrada.

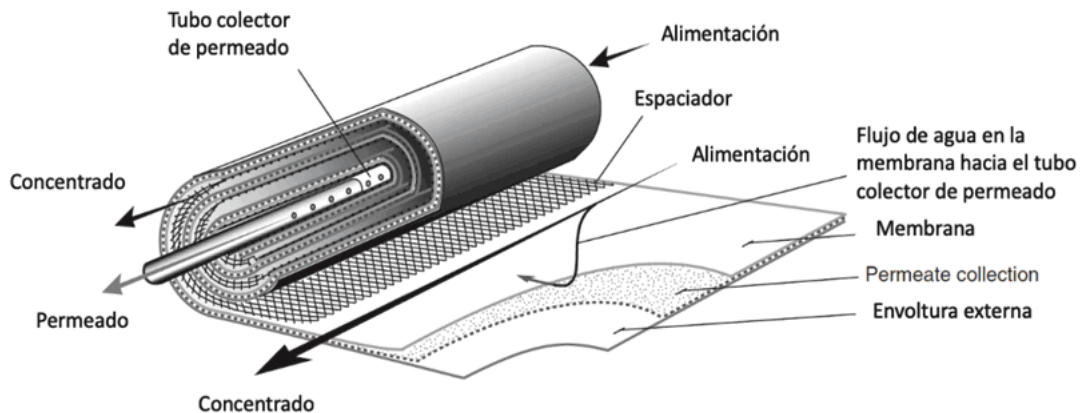


Figura 6.2: Elementos típicos de una membrana

Fuente: Carbotecnia (2021).

Estas membranas son la parte fundamental de la ósmosis inversa, ya que estas son las que realizan el trabajo de obtener agua libre de sales a partir de agua salada, gracias a la permeabilidad de las membranas. Sin embargo, estas no son el único instrumento de los sistemas de ósmosis inversa, estos sistemas tienen una serie de equipos, los cuales al trabajar en conjunto, logran que funcione de manera correcta y efectiva la ósmosis inversa.

Los componentes básicos y más comunes de un sistema de ósmosis inversa son los siguientes, y se pueden observar en la Figura 6.3.

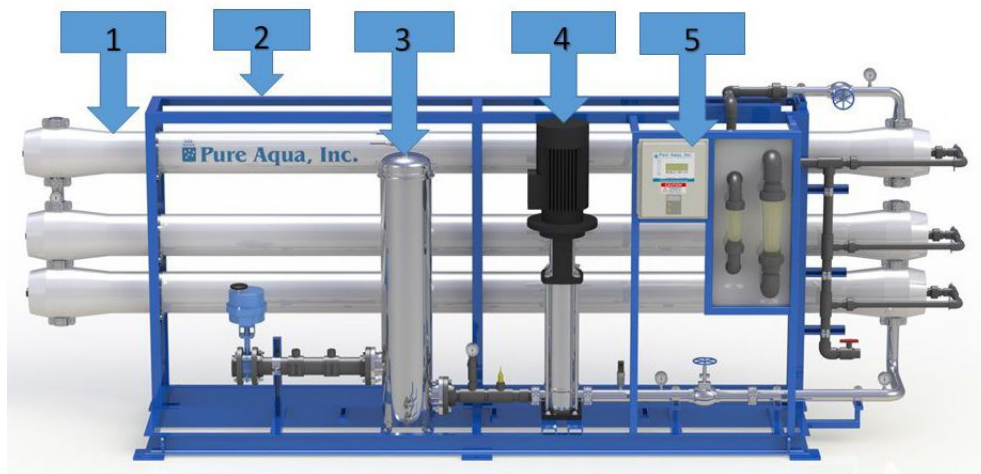


Figura 6.3: Componentes básicos de una sistema de ósmosis inversa-

Fuente: Pure Aqua (s.f.).

1. **Set de Membranas:** Tal como se describió anteriormente, las membranas son la parte fundamental del sistema de ósmosis inversa, ya que estas son las encargadas de realizar el proceso químico de ósmosis inversa al permear el agua purificada desde las membranas al tubo recolector. Estas membranas están encapsuladas dentro de recipientes para lograr que toda el agua salada a presión pase por las membranas. La cantidad y tamaño de las membranas depende netamente de las necesidades del proyecto a realizar.
2. **Estructura antideslizante para los componentes:** Esta estructura se encarga de

ser el esqueleto del sistema de ósmosis, ya que es aquí donde se montan las membranas y los otros equipos del sistema, para evitar que la vibración del paso del agua a través de las membranas ocasione un colapso del sistema.

3. **Filtro de Cartucho:** Este filtro se encarga de evitar el paso de partículas lo suficientemente grandes como para estropear las membranas. Este filtro es vital para asegurar la durabilidad y el cumplimiento de la vida útil de las membranas.
4. **Bomba de alta presión:** Para poder lograr una buena ósmosis inversa, con altas tasas de agua producto y bajas tasas de agua rechazo, el agua debe entrar a las membranas con una alta presión. Es por esta razón que antes de que el agua salada pase por las membranas, esta pasa por una bomba de alta presión, logrando una presión adecuada para realizar la ósmosis inversa de manera eficiente.
5. **Panel de control:** El panel de control sirve para visualizar los indicadores del sistema y controlar la producción de agua.

En base a los equipos mas comunes de un sistema de ósmosis inversa, se muestra un flujo de proceso del funcionamiento de estos en la Figura 6.4, donde se aprecia que el agua de alimentación (agua salada) pasa en primera instancia por el filtro de cartucho, eliminando todas las partículas grandes que puedan dañar las membranas, luego el agua pasa a la bomba de alta presión en donde alcanza una presión ideal para realizar una ósmosis inversa con buenas tasas de agua rechazo y producto, finalmente el agua salada pasa por el set de membranas, obteniéndose un agua desalinizada llamada producto o permeada, y una agua concentrada en sales llamada rechazo o salmuera.

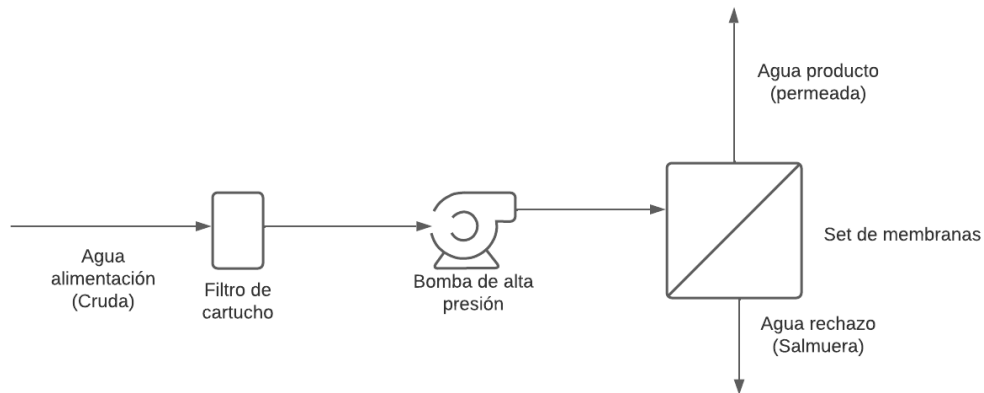


Figura 6.4: Diagrama de flujo de un sistema de ósmosis inversa

Fuente: Elaboración propia.

Aparte de los equipos mencionados anteriormente y gracias a la sencillez del proceso de instalación de un sistema de ósmosis inversa, es posible agregar o acoplar varios equipos al sistema, dependiendo netamente de las necesidades que debe cumplir el proyecto a emprender, tales como sistemas de pretratamiento, postratamiento, dosificación, estanques de almacenamiento para el agua producto o agua de alimentación, distintas bombas para transportar el agua, filtros, etc.

Dentro de los equipos opcionales que se pueden acoplar al sistema, uno de los más importantes es el intercambiador de presión, también llamado recuperador de energía. Este dispositivo permite recuperar parte de la energía del flujo de rechazo, al presurizar parte del agua de alimentación a través de un proceso isobárico con el flujo de rechazo a alta presión (Kadaç y Bosleman, 2018), generando así un agua de alimentación recirculada a alta presión y un agua de rechazo a baja presión. El agua recirculada a alta presión se mezcla con el agua que ha salido de la bomba de alta presión, aumentando el caudal de agua que ingresará a las membranas. El uso de este equipo, hace que se disminuyan los requerimientos de caudal de la bomba de alta presión, lo cual permite reducir el tamaño y el consumo energético de la misma. El funcionamiento del sistema de ósmosis inversa con este recuperador de energía

se ve reflejado en la Figura 6.5.

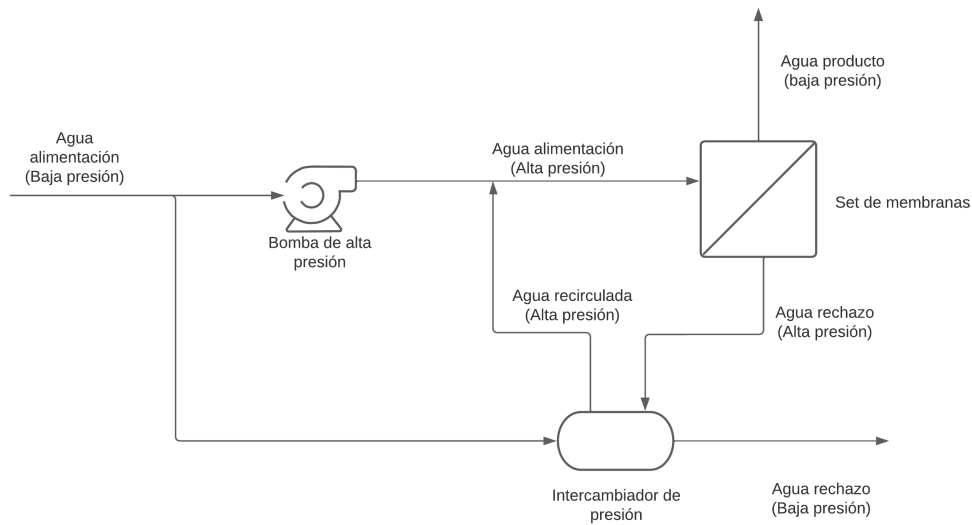


Figura 6.5: Diagrama de flujo de un sistema de ósmosis inversa con recuperador de energía

Fuente: Elaboración propia.

También es importante mencionar, que ciertos sistemas de ósmosis inversa pueden ser instalados dentro de containers, otorgando una gran facilidad al momento de transportarlo, y además una gran opción en términos de costos, dado lo económico que es montar un sistema de ósmosis inversa dentro de un contenedor en comparación a una realizar una construcción o edificación para alojar el sistema en si. En la Figura 6.6, se puede observar la instalación de un sistema de ósmosis inversa dentro de un contenedor marítimo.



Figura 6.6: Sistema de ósmosis inversa dentro de un contenedor

Fuente: Pure Aqua (s.f.).

Al tener en cuenta todo lo anterior, es importante reconocer que los sistemas de ósmosis inversa son totalmente modulares, es decir, se pueden acoplar, de manera paralela, varios sistemas capaces de generar cierto nivel de caudal, para generar un total de caudal equivalente a la suma de los caudales individuales resultantes de cada sistema de ósmosis inversa. Esto es vital para identificar las distintas opciones que se pueden evaluar al momento de adquirir el sistema de ósmosis inversa para el presente proyecto.

6.3. Planta de ósmosis inversa

Una vez entendidos los fundamentos de la purificación de agua salada mediante un sistema de ósmosis inversa, se debe considerar que, a pesar de que el agua ya no contenga sales, está debe pasar por ciertos tratamientos para lograr ser apta para el consumo humano.

Es aquí donde entra el concepto de planta de ósmosis inversa, la cual incluye mas procesos aparte del sistema de ósmosis inversa, tales como pretratamiento, postratamiento,

estanques de almacenamiento para agua de alimentación y producto, y bombas para transportar el agua de alimentación y producto. En la Figura 6.7 se puede ver el diagrama de flujo de una planta de ósmosis inversa.

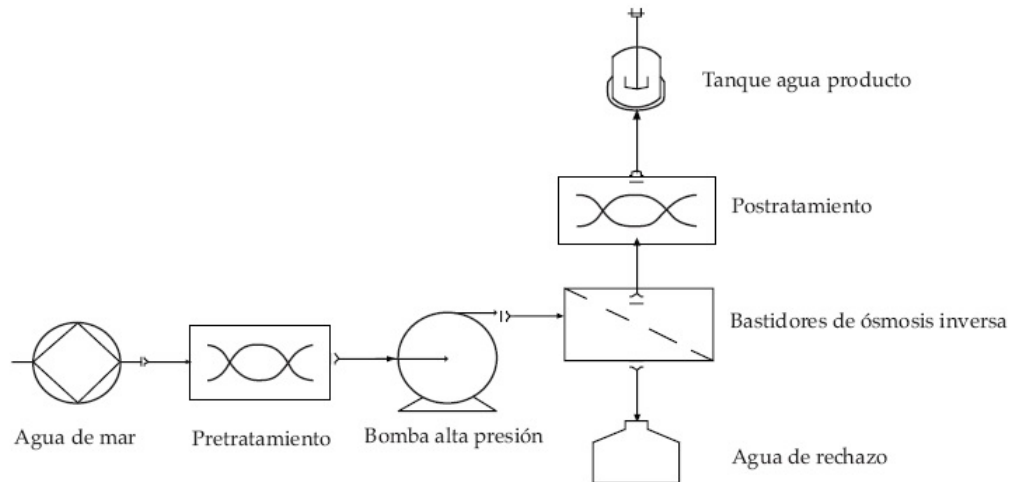


Figura 6.7: Planta de ósmosis inversa

Fuente: Dévora-Isiordia *et al.* (2013).

6.4. Proyecto similar: Codelco

Un ejemplo de una planta de desalinización de agua de mar vía ósmosis inversa, es el proyecto de la empresa Codelco que busca suministrar a sus divisiones Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales (Codelco, s.f.), mediante un reservorio de capacidad 250.000 m^3 , situado a 3.000 metros por sobre el nivel del mar. Para generar y llevar esta agua desalada hasta el reservorio, el proyecto de Codelco consta en 3 estaciones de bombeo, una planta desaladora de ósmosis inversa y tuberías, tanto para captar el agua del mar y devolver la salmuera, como para llevar el agua hasta el reservorio. El layout de este proyecto se puede observar en la Figura 6.8.

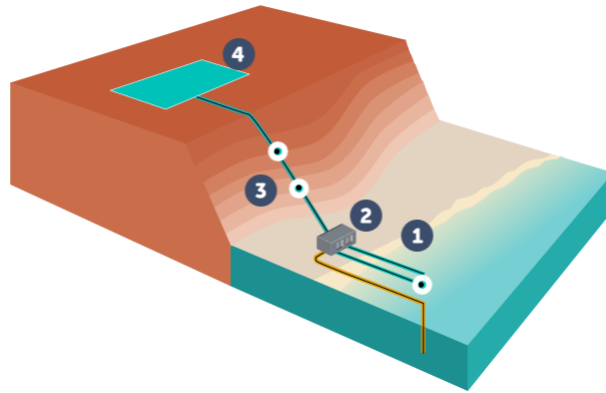


Figura 6.8: Layout planta de ósmosis inversa Codelco

Fuente: Codelco (s.f.).

En la Figura 6.8 se muestran las estaciones de bombeo, las cuales son representadas por puntos blancos, el sistema de ósmosis inversa está representado por el número 2, las distintas tuberías de la planta están representadas por los números 1 y 3, y finalmente el reservorio está representado por el número 4.

Las especificaciones para este proyecto de la empresa Codelco son que, el sistema de ósmosis inversa tiene como caudal para la primera fase de este proyecto de 72.576 metros cúbicos diarios, la primera estación de bombeo se encuentra a nivel de mar para captar el agua de mar, la segunda estación de bombeo se encuentra a 1.100 metros por sobre el nivel del mar, la tercera estación de bombeo se encuentra a 1.900 metros sobre el nivel del mar y finalmente la tubería que lleva el agua fresca desde el sistema de ósmosis inversa hasta el reservorio es de 160 kilómetros.

6.5. Símil al proyecto de Codelco

Según lo descrito en la Sección 6.4, la importancia que representa el proyecto de la empresa Codelco, es el símil que tiene con el proyecto que se busca evaluar en el presente estudio para la comuna de Petorca, ya que Petorca igual se encuentra por sobre el nivel del mar, por lo cual es de vital importancia que el presente estudio considere estaciones de bombeo y tuberías que conecten la planta con la comuna.

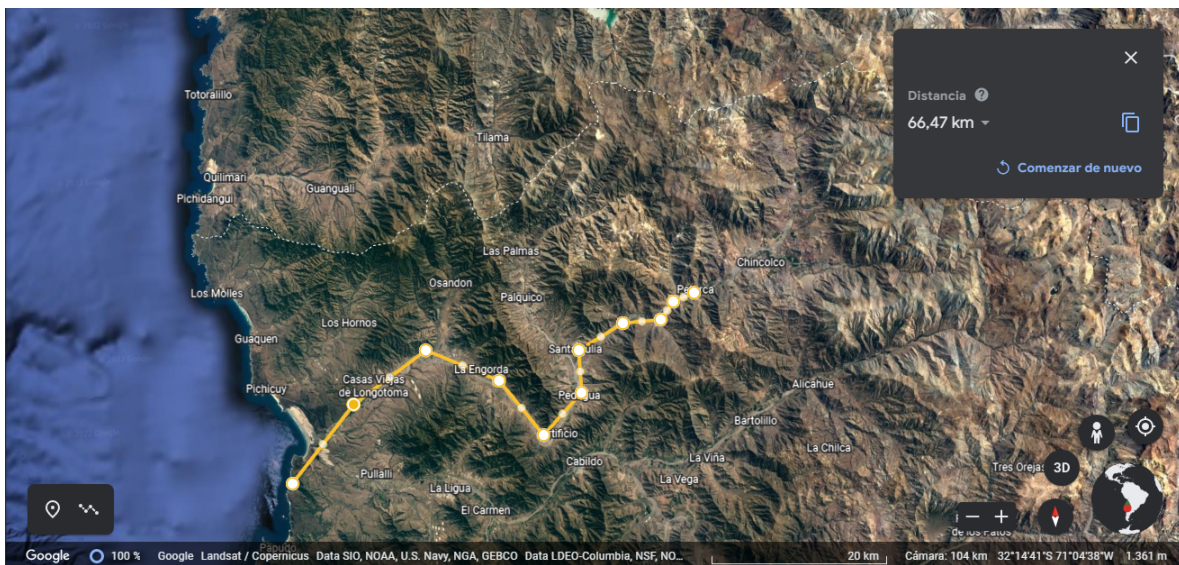


Figura 6.9: Distancia entre el mar y Petorca

Fuente: Google Earth (2022).

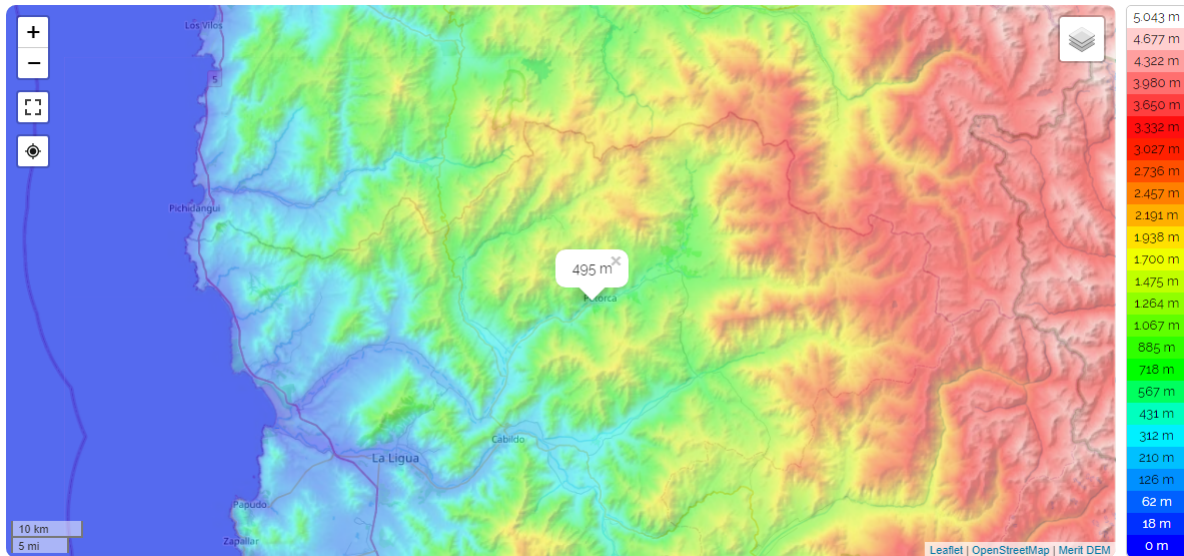


Figura 6.10: Altura de Petorca

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, tal como se puede ver en la Figura 6.9 y en la Figura 6.10, la magnitud del proyecto en estudio para Petorca es mucho menor al proyecto de Codelco en términos de distancia, altura y caudal, ya que la distancia entre Petorca y el borde costero es de 66,47 kilómetros, y la altura de Petorca es de 495 metros por sobre el nivel del mar.

Es por esta razón que para la evaluación de este proyecto se consideraran los siguientes componentes:

- 1 planta de ósmosis inversa.
- 2 estaciones de bombeo.
- 1 estanque de almacenamiento de agua para cada estación de bombeo.
- 1 estación de succión.
- 1 estación de descarga.

- Tuberías

6.6. Localización

En cuanto a la localización de este proyecto, se considera que para la ubicación de la planta de ósmosis, esta debe estar situada en la zona costera de la provincia de Petorca.

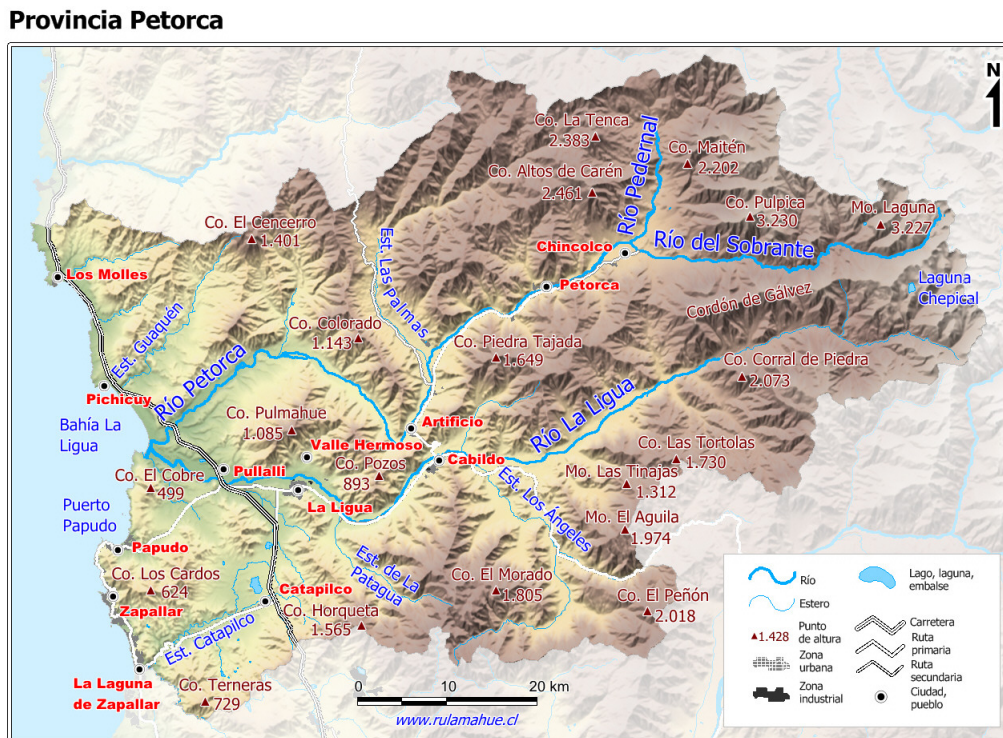


Figura 6.11: Provincia de Petorca

Fuente: www.rulamahue.cl

Al verificar las opciones disponibles cercanas a la zona costera, se omite que la planta se ubique en línea recta con la comuna de Petorca, dado que existen varios cerros entre medio, lo cual implicaría en un gran costo en estaciones de bombeo dada la gran altura que deberían vencer, junto con la gran cantidad de tuberías extra que implicaría esto.

En línea con lo anterior, se escoge que la planta y Petorca se conecten a través del curso del río Petorca, en otras palabras, que las tuberías y estaciones de bombeo se ubiquen a lo largo del río Petorca. La justificación de esta elección es que, al seguir el curso del río, no existen grandes alturas tales como cerros de mas de 1.000 metros de altura y el aumento de la elevación por este curso es paulatina.

El lugar donde desemboca el río Petorca es en la dunas de Longotoma, ubicado entre las comunas de La Ligua y Papudo. Esta ubicación pareciera ser la indicada para ubicar la planta de ósmosis junto con la primera estación de bombeo, sin embargo, estas dunas representan un santuario de la naturaleza, lo cual implica que para realizar proyectos dentro de este santuario se necesitan solicitar permisos especiales.

Es por esta razón, que se decide que la planta junto con la primera estación de bombeo, se ubicarán fuera de este santuario, evitándolo y bordeándolo hasta llegar a a la altura del río Petorca.

En la Figura 6.12 se muestra el mapa del santuario de la naturaleza marcado en verde, por lo cual la planta se ubicará completamente fuera del santuario, en la zona marcada con un círculo rojo.

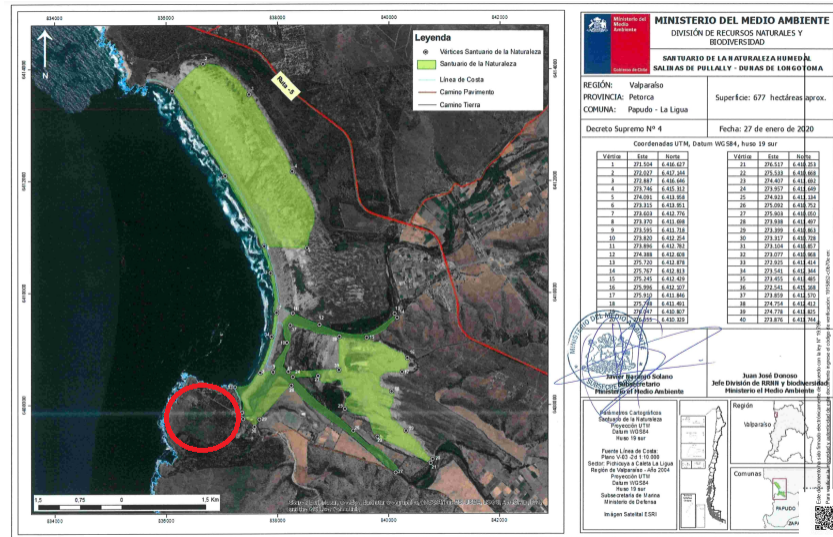


Figura 6.12: Mapa del santuario de la naturaleza Humedal Salinas de Pullally - Dunas de Longotoma

Fuente: www.monumentos.gob.cl

Y en cuanto a la ubicación de la segunda estación de bombeo, esta se ubicará en las afueras de la localidad de Artificio, para así distribuir de buena manera las estaciones de bombeo y sus componentes. Esta ubicación de esta localidad se puede observar con claridad en la Figura 6.11

Una vez definida la ubicación de la planta, la estación de bombeo 1 y la estación de bombeo 2, es necesario que se cuente con una concesión entregada por bienes nacionales, la cual es un permiso en el cual se otorga, en forma gratuita, el derecho de uso y goce sobre un determinado inmueble fiscal, por un período establecido que puede ser hasta 50 años, y para el cumplimiento de una finalidad específica (Ministerio de Bienes Nacionales, s.f.).

Además, se debe contar con una concesión marítima mayor, puesto que el presente proyecto hace uso de las porciones de mar con un horizonte de evaluación de 20 años, donde estas porciones de mar, entre otros cuerpos marítimos, son administrados por el ministerio de defensa nacional, el cual es el encargado de permitir o no su uso mediante dichas concesiones,

cuyo tramite no tiene costo alguno (Subsecretaría Para Las Fuerzas Armadas, s.f.; Chile Atiende, s.f.).

6.7. Planta requerida

6.7.1. Características

La planta de ósmosis inversa para el proyecto debe lograr un caudal de 1.341 metros cúbicos diarios, considerando la demanda proyectada al año 2042, por lo cuál se considerará la adquisición de una planta de ósmosis inversa capaz de producir $1.500 m^3$ al día. También, dado que está destinada a consumo humano, debe incluir pre y pos tratamientos químicos al agua desalinizada.

Además, es importante considerar que la planta de ósmosis inversa debe estar cubierta, por lo cual se considerara que dicha planta será ubicada de un contenedor marítimo.

Finalmente, se optará por un planta de ósmosis inversa que posea un intercambiador de presión (recuperador de energía), con el objetivo de reutilizar el agua de rechazo para disminuir el consumo energético de la planta.

6.7.2. Balance de materia

Para el presente estudio es de vital importancia realizar un balance de materia para el sistema de ósmosis inversa, dado que es importante saber que tan salada será el agua de rechazo, con el fin de tomar una buena decisión al momento de estudiar donde desechar esta agua.

Por lo cual, para realizar este balance de materia se utilizará el software *LG Q+*

Projection, el cual permite simular y calcular los distintos parámetros de un sistema de ósmosis inversa, en base a las características del agua a tratar y los tipos de membranas a utilizar.

Para esta simulación, se utilizó agua de mar de 34.000 ppm, una temperatura del agua de mar de 14, 25°C (Sea temperature info, s.f.), pH de 8, un sistema de ósmosis de 14 tubos de 6 membranas cada uno, un nivel de permeado de 65 $\frac{m^3}{h}$ a una tasa de desalinización de 40 % y finalmente, un intercambiador de presión turbo charger. Quedando un sistema tal como se ve en la Figura 6.13.

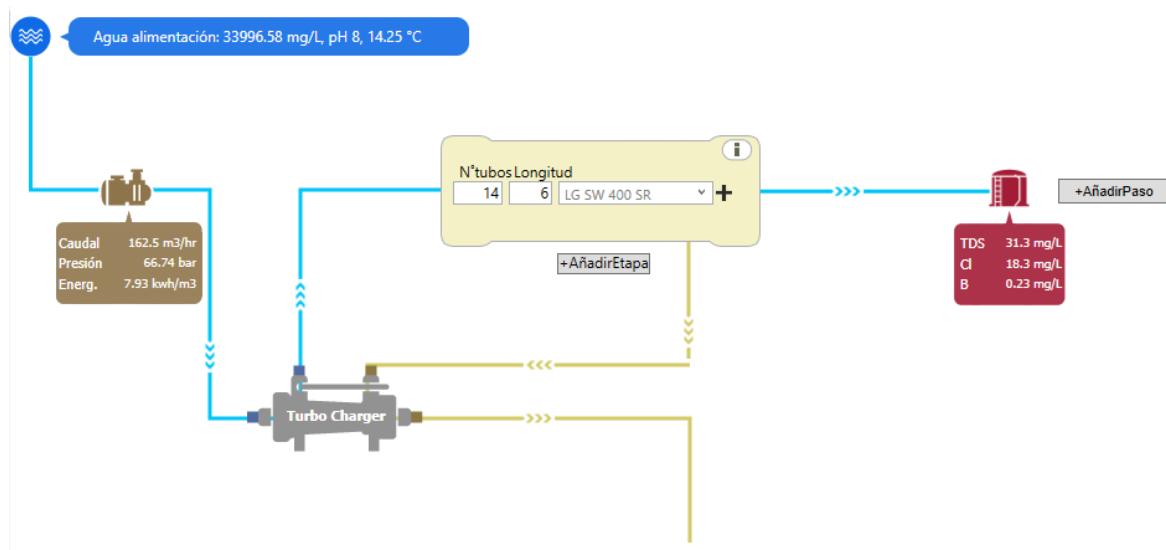


Figura 6.13: Simulación de la planta de ósmosis inversa

Fuente: LG Water Solutions (s.f.).

Una vez simulado el sistema de ósmosis inversa, se obtienen los siguientes resultados en términos de salinidad y caudales de los flujos.

Tabla 6.1: Caudal y sales disueltas totales (TDS) de los flujos del sistema de ósmosis inversa.

Linea	Caudal (m ³ /hr)	TDS (mg/L)
Agua de Alimentación	156,25	33.996,58
Agua de Rechazo	93,75	56.626,97
Agua Producto	62,5	32,55

Fuente: Elaboración Propia.

En base a estos resultados, se puede observar que el flujo de alimentación debe ser de 156,25 $\frac{m^3}{h}$ con una salinidad de aproximadamente 34.000 ppm, para obtener así un agua producto de 62,5 $\frac{m^3}{h}$ con una salinidad de 32,55 ppm, lo cual indica que el agua producto está básicamente desalinizada. Es importante mencionar además las características del agua de rechazo, la cual en este sistema tendría un caudal de 75 $\frac{m^3}{h}$ y una salinidad de 56.628,15 ppm, la cual es aproximadamente un 66 % más de sales disueltas que el agua de mar.

6.7.3. Inversión

El costo de una planta de ósmosis inversa importada desde China, capaz de producir 1.200 metros cúbicos diarios de agua dirigida a consumo humano es de 463.490 USD precio FOB. La cotización de esta planta incluye, una bomba para el agua de alimentación, un filtro de disco, un sistema de dosificación química, dos filtros de seguridad, la bomba de alta presión, 84 membranas y un recuperador de energía. El detalle de esta cotización se encuentra en la Figura A.1, del Apéndice A.

Sin embargo, para lograr cubrir la demanda de 1.341 metros cúbicos, se considerará la adquisición de una de estas plantas al mismo proveedor, pero que logre producir 1.500 metros cúbicos diarios, con el fin de obtener un nivel de seguridad de 11,86 %. Para esto se extrapolarán los datos de la cotización, obteniendo que una planta ósmosis de inversa capaz de producir 1.500 metros cúbicos diarios cuesta aproximadamente **518.445,19 USD**.

Además, para alojar estas planta se considerará la adquisición de un contenedor marítimo de 40 pies, el cual cuesta 4.736.200 CLP, IVA incluido (SpaceWise, s.f.).

En términos de obra civil, se tiene un costo de \$2.066.688.000 para una planta de caudal de 15.000 m^3 diarios, por lo cual para el presente proyecto se considerará un costos de instalación y obra civil para la planta de **\$206.668.800 CLP**

6.7.4. Gasto Energético

Dada la dimensión del proyecto y sus componentes eléctricos se consideraran como costos anuales para este estudio, solo los costos en términos de energía eléctrica consumida de la planta de ósmosis y bombas. La razón de esto es que los costos de operación de dichos componentes son notoriamente menores a los costos por consumo eléctrico (Zúñiga, 2017).

El gasto energético del sistema de ósmosis simulado por el software *LG Q+ Projection*, es de 7,78 $\frac{kWh}{m^3}$, por lo cual, el sistemas de ósmosis a una tasa de 1.500 $\frac{m^3}{dia}$ equivale a un gasto energético de 11.670 kWh diarios, lo cual se traduce a 4.341.240 kWh anuales.

En cuanto al costo asociado al consumo energético, se considerará el modelo de regresión lineal desarrollado por Zúñiga (2017), el cual busca predecir el costo fijo y costo por kWh a través de los años de la tarifa AT 4.3 en la localidad de Los Molles en la provincia de Petorca. El modelo para el cargo fijo está representado por la Ecuación 6.1, mientras que el modelo para el cargo por cada kWh se rige por la Ecuación 6.2.

$$\text{Cargo Fijo} = -20,873 \cdot \text{Año} + 43171 \quad (6.1)$$

$$\text{Cargo por energía} = 1,9411 \cdot \text{Año} - 3834,3 \quad (6.2)$$

En base a lo anterior, los costos anuales por consumo eléctrico de la planta de ósmosis

inversa se pueden visualizar en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Costos eléctricos anuales de la planta de ósmosis (2023-2042).

Año	Cargo Fijo [CLP]	Cargo Variable [CLP/kWh]	Costos anuales [CLP]
2023	\$944,921	\$92,5453	\$401.762.303
2024	\$924,048	\$94,4864	\$410.189.063
2025	\$903,175	\$96,4275	\$418.615.823
2026	\$882,302	\$98,3686	\$427.042.583
2027	\$861,429	\$100,3097	\$435.469.343
2028	\$840,556	\$102,2508	\$443.896.104
2029	\$819,683	\$104,1919	\$452.322.864
2030	\$798,81	\$106,133	\$460.749.624
2031	\$777,937	\$108,0741	\$469.176.384
2032	\$757,064	\$110,0152	\$477.603.144
2033	\$736,191	\$111,9563	\$486.029.904
2034	\$715,318	\$113,8974	\$494.456.664
2035	\$694,445	\$115,8385	\$502.883.424
2036	\$673,572	\$117,7796	\$511.310.184
2037	\$652,699	\$119,7207	\$519.736.944
2038	\$631,826	\$121,6618	\$528.163.704
2039	\$610,953	\$123,6029	\$536.590.465
2040	\$590,08	\$125,544	\$545.017.225
2041	\$569,207	\$127,4851	\$553.443.985
2042	\$548,334	\$129,4262	\$561.870.745

Fuente: Elaboración Propia.

6.8. Estaciones de Bombeo

Dado que el agua producto no sale con una gran presión luego del proceso de ósmosis, está debe ser almacenada en un estanque para posteriormente ser impulsada por una bomba que logre mover esta cantidad de agua producto. Esta agua será almacenada en la misma ubicación que la planta de ósmosis, por lo cual se establecerá que en esta estación de bombeo 1, el agua debe ser impulsada hasta la localidad de Artificio que se encuentra a 277 metros por sobre el nivel del mar y a 40 kilómetros desde la ubicación de la planta desalinizadora, es

aquí donde será ubicada la estación de bombeo 2, donde se almacenará e impulsará el agua hasta Petorca, elevándola 218 metros más y recorriendo 26,47 kilómetros.

Es importante mencionar que cada estación de bombeo debe contar con un estanque de almacenamiento, los cuales en conjunto deben sumar la cantidad de metros cúbicos diarios a producir. Por lo cual para la evaluación de este proyecto se considerará que cada estación de bombeo debe contar con 1 estanque de 750 $[m^3]$.

6.8.1. Estación de Bombeo 1

Características

Esta estación de bombeo se ubicará en la misma ubicación que la planta desalinizadora y tiene como objetivo impulsar el agua hasta hasta Artificio, localizado a 40 kilómetros de la planta desalinizadora y a 277 metros por sobre el nivel del mar. En la Figura 6.14 se puede observar la localización de la planta desalinizadora resaltada por el punto blanco ubicado mas al oeste, también se puede observar la altura y distancia hasta Artificio, resaltados en color rojo.

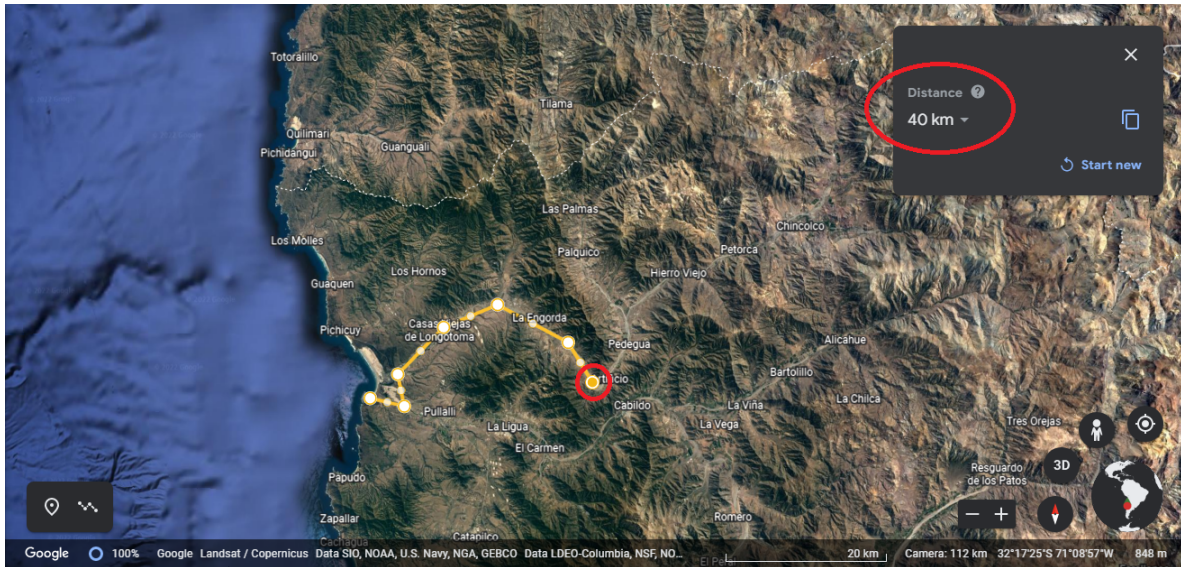


Figura 6.14: Distancia entre la planta desalinizadora y Artificio.

Fuente: Google Earth (2022).

Para encontrar la altura efectiva que debe suministrar la bomba con el objetivo de que esta pueda elevar el agua hasta la segunda estación de bombeo, se debe realizar un balance de energía (White, 2008), este balance se puede observar en la Ecuación 6.3, en la cual el punto 1 es el estanque de la estación de bombeo 1 y el punto 2 es el estanque de la estación de bombeo 2.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_b = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{V^2}{2g} \left(f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right) \quad (6.3)$$

Donde:

- P_1 : Presión en el estanque 1.
- P_2 : Presión en el estanque 2.
- V_1 : Velocidad del agua en el estanque 1.
- V_2 : Velocidad del agua en el estanque 2.

- z_1 : Altura del agua en el estanque 1.
- z_2 : Altura del agua en el estanque 2.
- h_b : Altura efectiva que puede elevar la bomba.
- V : Velocidad del agua en el la tubería.
- ρ : Densidad del agua.
- g : Aceleración de gravedad.
- f : Coeficiente de fricción de Darcy.
- L : Largo de la tubería.
- D : Diámetro de la tubería.
- K : Perdidas singulares.

P_1 y P_2 son iguales a la presión atmosférica, además dado a las dimensiones de los estanques V_1 y V_2 son iguales a cero, por lo cual la Ecuación 6.3 queda expresada de la siguiente forma.

$$h_b = \Delta z + \frac{V^2}{2g} \left(f \cdot \frac{L}{D} + \sum K \right) \quad (6.4)$$

Para realizar los cálculos sobre la Ecuación 6.4, se considerará un caudal de $1.500 \frac{m^3}{día}$ lo cual es equivalente a $0,017361 \frac{m^3}{s}$, también se considerará que el agua tiene una viscosidad de 1 cp, una densidad de $1.000 \frac{kg}{m^3}$ y que se transporta por tuberías de HDPE de 8" de diámetro, con un coeficiente de fricción de Darcy de 0,018 y de un largo total de 40.001 [m]. Finalmente, se consideran 3 perdidas singulares, siendo estas 2 codos de 120° y 1 codo de 90°, con unas perdidas de 1,1 y 1,5 respectivamente.

Al realizar estos cálculos, se obtiene que la altura efectiva que debe elevar la bomba es de 328,8 metros.

En cuanto al estanque de almacenamiento con el cual debe contar esta estación de bombeo, se considerará un estanque de hormigón armado con una capacidad de 750 $[m^3]$.

Inversión

Una vez definida la altura efectiva necesaria de la bomba, se realizó una cotización para una bomba multietapa con una altura efectiva de 350 [m] a un caudal de 65 $[\frac{m^3}{h}]$, esta cotización se encuentra detallada en la Sección A.3 de los anexos e incluye la bomba misma, el motor de ella y la base en la cual se debe instalar. Esto se resume en un costo de \$7.509 USD.

Para establecer el costo de inversión del estanque de hormigón armado de 750 $[m^3]$, se considera que el costo de un estanque de hormigón armado de 75 $[m^3]$ es de \$42.682.320 CLP (Zúñiga, 2017), por lo cual asumiendo que la relación precio-volumen es lineal, se obtiene que el costo de un estanque de hormigón armado de 750 $[m^3]$ es de **\$426.823.200 CLP**, considerando mano de obra, materiales y herramientas.

En cuanto a los costos de obras civiles e instalación de esta estación de bombeo sin considerar el estanque de hormigón, se tomará como supuesto que es la mitad del costo de obras civiles de la planta, lo cual equivale a **\$103.334.000 CLP**.

Gasto Energético

La bomba cotizada tiene una potencia de 132 kW, por lo cual al considerar que está funciona continuamente, se obtiene un consumo diario de 3.168 kWh, lo cual se traduce en un consumo anual de 1.178.496 kWh. En base a lo descrito y utilizando los modelos del precio

de la electricidad (Ecuación 6.1 y Ecuación 6.2), se obtienen los siguientes costos anuales.

Tabla 6.3: Costos eléctricos anuales de la bomba multietapa de 350 metros (2023-2042).

Año	Cargo Fijo [CLP]	Cargo Variable [CLP/kWh]	Costos anuales [CLP]
2023	\$944,92	\$92,55	\$109.065.211
2024	\$924,05	\$94,49	\$111.352.769
2025	\$903,17	\$96,43	\$113.640.326
2026	\$882,30	\$98,37	\$115.927.884
2027	\$861,43	\$100,31	\$118.215.442
2028	\$840,56	\$102,25	\$120.502.999
2029	\$819,68	\$104,19	\$122.790.557
2030	\$798,81	\$106,13	\$125.078.115
2031	\$777,94	\$108,07	\$127.365.672
2032	\$757,06	\$110,02	\$129.653.230
2033	\$736,19	\$111,96	\$131.940.788
2034	\$715,32	\$113,90	\$134.228.346
2035	\$694,45	\$115,84	\$136.515.903
2036	\$673,57	\$117,78	\$138.803.461
2037	\$652,70	\$119,72	\$141.091.019
2038	\$631,83	\$121,66	\$143.378.576
2039	\$610,95	\$123,60	\$145.666.134
2040	\$590,08	\$125,54	\$147.953.692
2041	\$569,21	\$127,49	\$150.241.250
2042	\$548,33	\$129,43	\$152.528.807

Fuente: Elaboración Propia.

6.8.2. Estación de Bombeo 2

Características

En cuanto a la segunda estación de bombeo esta consta de un estanque donde se almacena el agua que ha llegado desde la planta de ósmosis y también cuenta con una bomba, esta estación se ubicará en la localidad de Artificio y tendrá como objetivo, impulsar el agua por ultimo tramo hasta Petorca, recorriendo 26.471 metros por una altura de 218 metros.

Tal como se realizó en la Subsección 6.8.1, se debe realizar un balance de energía para determinar la altura efectiva que debe tener la bomba a utilizar en este tramo. Es por esta razón que se utilizará nuevamente la Ecuación 6.4.

Para realizar estos cálculos, se considerará un caudal de $1.500 \frac{m^3}{día}$ lo cual es equivalente a $0,017361 \frac{m^3}{s}$, también se considerará que el agua tiene una viscosidad de 1 cp, una densidad de $1.000 \frac{kg}{m^3}$ y que se transporta por tuberías de HDPE de 8" de diámetro, con un coeficiente de fricción de Darcy de 0,018 y de un largo total de 26.471 [m]. Finalmente, se consideran 3 perdidas singulares, siendo estas 2 codos de 120° y 1 codo de 90°, con unas perdidas de 1,1 y 1,5 respectivamente.

Al realizar estos cálculos, se obtiene que la altura efectiva que debe elevar la bomba es de 252,3 metros.

En cuanto al estanque de almacenamiento para esta estación de bombeo, al igual que la estación de bombeo 1 se considerará un estanque de hormigón armado con una capacidad de 750 [m^3].

Inversión

Una vez definida la altura efectiva necesaria de la bomba, se realizó una cotización para una bomba multietapa con una altura efectiva de 300 [m] a un caudal de $65 \frac{m^3}{h}$, esta cotización se encuentra detallada en la Sección A.4 de los anexos e incluye la bomba misma, el motor de ella y la base en la cual se debe instalar. Esto se resume en un costo de \$7.022 USD.

De igual forma que la estación de bombeo 1, se considera que el costo del estanque de hormigón armado de 750 [m^3] es de **\$426.823.200 CLP**, considerando mano de obra, materiales y herramientas.

Al igual que la estación de bombeo 1, en cuanto a los costos de obras civiles e instalación de esta estación de bombeo sin considerar el estanque de hormigón, se tomará como supuesto que es la mitad del costo de obras civiles de la planta, lo cual equivale a **\$103.334.000 CLP**.

Gasto Energético

Esta bomba cotizada tiene una potencia de 110 kW, por lo cual al considerar que está funciona continuamente, se obtiene un consumo diario de 2.640 kWh, lo cual se traduce en un consumo anual de 982.080 kWh. En base a lo descrito y utilizando los modelos del precio de la electricidad (Ecuación 6.1 y Ecuación 6.2), se obtienen los siguientes costos anuales.

Tabla 6.4: Costos eléctricos anuales de la bomba multietapa de 300 metros (2023-2042).

Año	Cargo Fijo [CLP]	Cargo Variable [CLP/kWh]	Costos anuales [CLP]
2023	\$944,92	\$92,55	\$90.887.833
2024	\$924,05	\$94,49	\$92.794.128
2025	\$903,17	\$96,43	\$94.700.422
2026	\$882,30	\$98,37	\$96.606.717
2027	\$861,43	\$100,31	\$98.513.012
2028	\$840,56	\$102,25	\$100.419.306
2029	\$819,68	\$104,19	\$102.325.601
2030	\$798,81	\$106,13	\$104.231.895
2031	\$777,94	\$108,07	\$106.138.190
2032	\$757,06	\$110,02	\$108.044.485
2033	\$736,19	\$111,96	\$109.950.779
2034	\$715,32	\$113,90	\$111.857.074
2035	\$694,45	\$115,84	\$113.763.369
2036	\$673,57	\$117,78	\$115.669.663
2037	\$652,70	\$119,72	\$117.575.958
2038	\$631,83	\$121,66	\$119.482.252
2039	\$610,95	\$123,60	\$121.388.547
2040	\$590,08	\$125,54	\$123.294.842
2041	\$569,21	\$127,49	\$125.201.136
2042	\$548,33	\$129,43	\$127.107.431

Fuente: Elaboración Propia.

6.9. Succión

6.9.1. Características

La succión del agua salada es una parte importante dentro del proceso de producción de agua potable vía ósmosis, para realizar esto se puede captar agua de manera superficial o de manera subterránea. Para este proyecto se considerará la captación de agua superficial a 100 metros mar adentro, a través de tuberías instaladas en el lecho marino. Las razones detrás de esta elección, es que a diferencia de las captaciones subterráneas, no hay limitaciones geológicas por el tipo de suelo de la instalación, además, captar agua desde directamente desde el mar supone una captación de agua ilimitada, produce un bajo impacto visual y los costos con este método en general son menores (Zúñiga, 2017).

6.9.2. Inversión

En cuanto a la inversión inicial para la captación de agua, se consideran 100 metros de tuberías de HDPE (Polietileno de alta densidad) de 8" de diámetro, la instalación submarina de estas y un equipo generador de vacío, en base a las cualidades técnicas desarrolladas por Zúñiga (2017), proyecto que tiene características similares al presente proyecto.

Para el precio de las tuberías se considera un precio por metro de 16,5 USD, tal como se puede observar en Figura 6.15, lo cual resulta en un total de **\$1.650 USD**.

Tubería HDPE - PE100 - PN6 (Tiras)

Ø Externo (mm)	PN (Bar)	CODIGO tira 6 m	PRECIO LISTA (US\$/m)	CODIGO tira 12 m	PRECIO LISTA (US\$/m)
50	6	216050-6	1,14		
63	6	216066-6	1,81		
75	6	216080-6	2,47	216080	2,35
90	6	216100-6	3,58	216100	3,41
110	6	216120-6	5,26	216120	5,01
125	6	216146-6	6,77	216146	6,45
140	6	216166-6	8,56	216166	8,15
160	6	216182-6	11,22	216182	10,69
180	6	216204-6	13,98	216204	13,31
200	6	216216-6	17,33	216216	16,5
225	6	216232-6	21,78	216232	20,74
250	6	216244-6	26,99	216244	25,7

Figura 6.15: Costo de tubería HDPE de 8”

Fuente: Petroflex.

En cuanto a la instalación de las tuberías y basándose en la Figura 6.16, el costo de la instalación era de 218 USD por metro al año 1986, lo cual llevado a precio del año 2022 es de 581,39 USD por metro (<https://www.bls.gov/>), resultando en un total de **\$58.139 USD**.

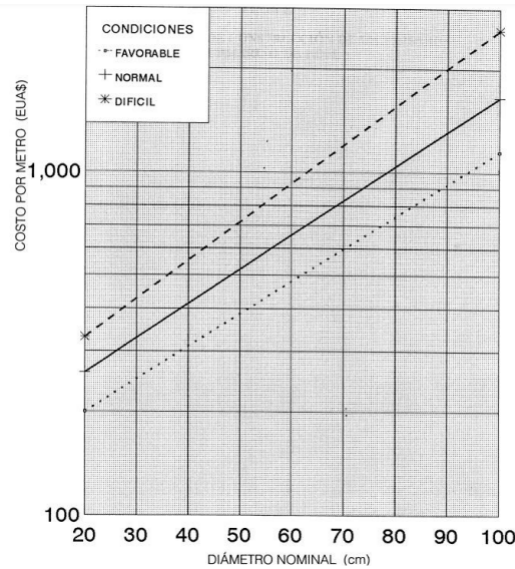


Figura 6.16: Costo de instalación submarina de tubería HDPE

Fuente: Reiff y Salas (1990).

Y por ultimo, el costo del equipo generador de vacío se considerará de **\$1.116.960 CLP** (Zúñiga, 2017).

6.10. Descarga

6.10.1. Características

En cuanto a la descarga de la salmuera, es conocido que esta sale a la misma presión que a la que entra al sistema de ósmosis por lo cual, se considerará solo el costo de las tuberías para conducir esta salmuera junto con la instalación de estas. Para esta sección, al igual que en la Sección 6.9, también se utilizarán tuberías de HDPE de 8" para un largo total de 100 metros.

6.10.2. Inversión

Basándose en la Figura 6.15, el costo de adquisición de estas tuberías es de \$16,5 USD por metro, lo cual implica un costo total de inversión de **\$1.650 USD** por los 100 metros. Mientras que, el costo total de instalación submarina de estas tuberías es de **\$58.139 USD** al igual que en la Sección 6.9.

6.11. Tuberías

6.11.1. Características

En cuanto a las tuberías que transporten el agua desde la planta de ósmosis hasta Petorca, se opta por escoger tuberías de HDPE (Polietileno de Alta Densidad) de 8" de diámetro, al igual que en la Sección 6.9 y en la Sección 6.10, dado el bajo coeficiente de roce que tienen, su larga vida útil, su flexibilidad y su bajo peso (Krah, s.f.).

6.11.2. Inversión

Basándose en la Figura 6.15, se tiene el costo unitario por metro lineal de tubería de HDPE de 8" es de 16,5 USD, lo cual se traduce en un total de **\$1.096.755 USD** considerando la distancia de la planta de ósmosis hasta Petorca que es de 66.470 metros.

Por otro lado, la instalación de estas tuberías es de 1.229 CLP por metro ¹, lo resulta en un total de **\$81.691.630 CLP**.

¹http://www.chile.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/calculaprecio.asp?Valor=11|0_0_0_0|1|IUA020|iua_020:_0_0_0_2_1_0_0

6.12. Tabla resumen de costos de inversión

En la Tabla 6.5 se pueden observar los costos totales de inversión para cada sección del proyecto en términos técnicos, resultando en una inversión de **\$3.193.369,73 USD** para el proyecto.

Tabla 6.5: Inversión total en términos técnicos del proyecto.

Sección	Activo	Monto [USD]
Planta	Planta de Ósmosis	\$518.445,19
	Container	\$5.049,25
	Obra Civil	\$220.329,21
Estación de Bombeo 1	Bomba	\$7.509,00
	Estanque	\$455.035,39
	Obra Civil	\$110.164,61
Estación de Bombeo 2	Bomba	\$7.022,00
	Estanque	\$455.035,39
	Obra Civil	\$110.164,61
Succión	Tuberías	\$1.650,00
	Instalación	\$58.139,00
	Generador de Vacío	\$1.190,79
Descarga	Tuberías	\$1.650,00
	Instalación	\$58.139,00
Conexión Planta-Petorca	Tuberías	\$1.096.755,00
	Instalación	\$87.091,29
	Total	\$3.193.369,73

Fuente: Elaboración Propia.

6.13. Tabla resumen de costos anuales

En la Tabla 6.6 se pueden observar los costos anuales totales del proyecto en términos técnicos, considerando los costos eléctricos más relevantes y costosos, siendo estos el gasto energético de la planta misma y de ambas estaciones de bombeo.

Tabla 6.6: Costos anuales técnicos del proyecto.

Año	Costos anuales [CLP]
2023	\$601.715.347
2024	\$614.335.959
2025	\$626.956.572
2026	\$639.577.184
2027	\$652.197.797
2028	\$664.818.409
2029	\$677.439.022
2030	\$690.059.634
2031	\$702.680.246
2032	\$715.300.859
2033	\$727.921.471
2034	\$740.542.084
2035	\$753.162.696
2036	\$765.783.308
2037	\$778.403.921
2038	\$791.024.533
2039	\$803.645.146
2040	\$816.265.758
2041	\$828.886.371
2042	\$841.506.983

Fuente: Elaboración Propia.

7 | Estudio Legal

Para el presente este proyecto es importante considerar el marco legal por el cual se debe regir, dado que estas son condiciones que debe cumplir el proyecto para que este sea viable. Por lo cual en este estudio, se presentaran las distintas leyes que tienen impacto sobre el proyecto, como también los organismos que deben velar por el cumplimiento de dichas leyes.

7.1. Organismos a considerar

Antes de presentar las leyes mas relevantes que afectan al proyecto, tales como, leyes laborales, leyes industriales, leyes laborales, entre otras que son atingentes a la naturaleza del proyecto, es importante mencionar aquellos organismos que se encargarán de hacer cumplir dichas leyes que se mencionaran mas adelante.

7.1.1. Servicio de Impuestos Internos (SII)

La función que cumple el Servicio de Impuestos Internos se ve reflejada en su misión, la cual es:

Procurar que cada contribuyente cumpla cabalmente sus obligaciones tributarias,

aplicando y fiscalizando los impuestos internos de manera efectiva y eficiente, con estricto apego a la legalidad vigente y buscando la facilitación del cumplimiento, en el marco que establecen los principios de probidad, equidad y transparencia, en un ambiente de trabajo que propicie el desarrollo integral de los funcionarios, para lograr un desempeño de excelencia que aporte al progreso del país (Servicio de Impuestos Internos, 2015).

7.1.2. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

La Superintendencia de Servicios Sanitarios es el organismo gubernamental que se encarga de fiscalizar a las empresas que prestan servicios de agua potable y alcantarillado, ya sea público o privado, urbano o rural. Esta tiene como misión:

Velar porque la población urbana abastecida por las empresas de servicios de agua potable y saneamiento de las zonas urbanas del país, reciba dichos servicios con la calidad y continuidad establecido en la normativa, a precio justo y sostenible en el largo plazo; adicionalmente, asegurar a la comunidad, que el agua una vez utilizada será tratada para ser devuelta a la naturaleza de forma compatible con un desarrollo sustentable. Esta responsabilidad será cumplida buscando promover la transparencia en el mercado, el autocontrol por parte de las empresas y desarrollando una actuación eficiente (Superintendencia de Servicios Sanitarios, s.f.).

7.1.3. Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (SSFFAA)

La Subsecretaría para las Fuerzas Armadas es un organismo dependiente del Ministerio de Defensa Nacional, el cual está encargado de las funciones administrativas del dicho

ministerio, donde la función que cumple mas relevante para el presente proyecto es administrar el borde litoral de Chile otorgando concesiones marítimas. La misión de este organismo es:

Colaborar con el Ministro de Defensa Nacional en la formulación de políticas y la gestión de los asuntos y procesos administrativos que el Ministerio de Defensa Nacional, instituciones dependientes y relacionadas y las Fuerzas Armadas requieran para el desarrollo de la fuerza y el cumplimiento de sus funciones (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, s.f.).

7.1.4. Dirección del trabajo

La Dirección del Trabajo es un servicio publico descentralizado que tiene como objetivos, fiscalizar el cumplimiento de las normas y derechos laborales, previsionales y de higiene y seguridad en el trabajo; fijar el sentido y alcance de las leyes del trabajo, mediante dictámenes; efectuar acciones que busquen prevenir y resolver los conflictos del trabajo; proporcionar asistencia técnica a los actores del mundo laboral y finalmente contar con un sistema de mediación para la solución de conflictos colectivos del trabajo.

La misión de este organismo es “Promover y velar por el cumplimiento eficiente de la legislación laboral, previsional y de seguridad y salud en el trabajo; el ejercicio pleno de la libertad sindical, y el diálogo social, favoreciendo relaciones laborales justas, equitativas y modernas.” (Dirección del Trabajo, s.f.)

7.1.5. Mutuales de Seguridad

Las mutuales de seguridad son corporaciones sin fines de lucro que se rigen por la Ley 16.744¹ y se encargan de administrar el seguro que en dicha ley se establece y dar prestaciones preventivas a las empresas. A grandes rasgos, si un trabajador tiene un accidente, entonces deberá recurrir a la mutual de seguridad a la cual su empleador esté afiliado para recibir atención médica.

7.1.6. Ilustre Municipalidad de Petorca

Las distintas municipalidad a lo largo de Chile están regidas por el D.F.L. N°1 de 2006², el cual en su artículo N°1 establece que “La administración local de cada comuna o agrupación de comunas que determine la ley reside en una municipalidad”. Bajo este sentido, las funciones que cumple la municipalidad es entregar patentes, dar permisos y asegurar el progreso económico, cultural y social dentro de su territorio.

7.2. Código del Trabajo

En derecho, un código es una agrupación ordenada sistemáticamente de diversas normas relativas a un extenso ámbito de relaciones privadas. En este caso, el Código del Trabajo es una agrupación de normas que sientan las reglas de las relaciones entre empleados y empleadores con el objetivo de equilibrar las fuerzas entre ambos actores (Barros, 2005). Cabe precisar, que este código no aplica para trabajadores del sector público, fuerzas armadas y de orden, y trabajadores públicos que estén sometidos por ley a un estatuto especial.

¹Ley 16.744. Diario Oficial de la República de Chile. 01 de Febrero de 1968. <http://bcn.c1/2f78o>

²D.F.L. N°1. Diario Oficial de la República de Chile. 26 de Julio de 2006. <https://bcn.c1/2f796>

El Código del Trabajo ³ consta de un título preliminar, cinco libros con normas de diversos temas laborales y de artículos transitorios. Dentro los libros, se tienen los siguientes:

- **LIBRO I DEL CONTRATO INDIVIDUAL DE TRABAJO Y DE LA CAPACITACIÓN LABORAL:** Aquí se define qué es un contrato y cuáles son los contenidos mínimos que debe contener este de manera detallada. Es importante destacar que en este libro se establecen las horas laborales. También se establecen los mecanismos que conforman al contrato y las sanciones que existen por el no cumplimiento de estas normas.
- **LIBRO II DE LA PROTECCIÓN A LOS TRABAJADORES:** Establece cuáles son las normas que el empleador debe cumplir para proteger la salud, vida e integridad del empleado. También se incluyen la protección a la maternidad, paternidad y la vida familiar.
- **LIBRO III DE LAS ORGANIZACIONES SINDICALES:** Este libro reconoce a los sindicatos como parte de las empresas y establece las normas que deben seguir para formarse, mantenerse vigentes, disolverse y de participar de federaciones y confederaciones. Además, se establecen las sanciones contra las prácticas antisindicales y cuáles son los beneficios con los que cuentan los líderes del sindicato.
- **LIBRO IV DE LA NEGOCIACIÓN COLECTIVA:** Reconoce y establece las reglas que se deben cumplir para llevar a cabo negociaciones entre sindicato y empleador, además de, las sanciones por infringir las reglas establecidas.
- **LIBRO V DE LA JURISDICCIÓN LABORAL:** Establece los mecanismos y organismos implicados en la resolución de conflictos.

³D.F.L. N°1. Diario Oficial de la República de Chile. 16 de Enero de 2003. <https://bcn.cl/2f6o9>

7.3. Leyes Laborales

En general, las leyes del trabajo están todas contenidas en el Código del Trabajo, pero existen otras leyes que han surgido de acuerdo al contexto nacional. Entre estas leyes se tienen las siguientes:

- **Ley N°21.456** ⁴ Esta ley establece principalmente el reajuste del monto del ingreso mínimo mensual, estableciéndolo en \$400.000.
- **Cotizaciones Previsionales:** Se establecen las leyes que regulan los pagos para Fondos de Pensiones (D.L. N° 3500 ⁵), Seguro de Cesantía (Ley N°19.728 ⁶) y Prestaciones Médicas (D.F.L N°1 ⁷), y que son de carácter obligatorio. Además, la Ley N°19.631 ⁸ obliga al empleador pagar las cotizaciones pendientes antes de despedir al trabajador.
- **Ley N°21.015** ⁹: Esta ley genera un incentivo para la contratación de personas con discapacidad.
- **Ley N°16.744 ESTABLECE NORMAS SOBRE ACCIDENTES DEL TRABAJO y ENFERMEDADES PROFESIONALES** ¹⁰: Si bien en el Código del Trabajo se establecen las consideraciones generales de seguridad que el empleador debe tener en consideración, ésta ley establece los detalles. Se establece que todos los trabajadores están afiliados a una mutual de seguridad, que a menos que el empleador decida lo contrario, corresponde al ISL. Además, es posible hallar distintos decretos que refuerzan al Código del Trabajo en esta materia.

⁴Ley N°21.456. Diario Oficial de la República de Chile. 26 de Mayo de 2022. <https://bcn.cl/31sn7>

⁵D.L. N° 3500. Diario Oficial de la República de Chile. 13 de Noviembre de 1980. <https://bcn.cl/2fekv>

⁶Ley 19.728. Diario Oficial de la República de Chile. 14 de Mayo de 2001. <https://bcn.cl/2fa5x>

⁷D.F.L. N° 1. Diario Oficial de la República de Chile. 24 de Abril de 2006. <https://bcn.cl/2fcqg>

⁸Ley 19.631. Diario Oficial de la República de Chile. 28 de Septiembre de 1999. <https://bcn.cl/2g0bw>

⁹Ley N°21.015. Diario Oficial de la República de Chile. 15 de Junio de 2017. <http://bcn.cl/2f9hw>

¹⁰Ley N°16.744. Diario Oficial de la República de Chile. 01 de Febrero de 1968. <http://bcn.cl/2f78o>

- **Ley N°21.342**¹¹: De acuerdo al contexto de la pandemia por COVID-19 fue necesario introducir esta ley que “ESTABLECE PROTOCOLO DE SEGURIDAD SANITARIA LABORAL PARA EL RETORNO GRADUAL Y SEGURO AL TRABAJO EN EL MARCO DE LA ALERTA SANITARIA DECRETADA CON OCASIÓN DE LA ENFERMEDAD DE COVID-19 EN EL PAÍS Y OTRAS MATERIAS QUE INDICA”. Esta ley es de suma importancia en este momento, ya que su no cumplimiento es motivo de clausura inmediata en el ámbito presencial de trabajo, además de recibir una multa por no cumplir la norma.

7.4. Código de Comercio

El Código de Comercio¹² en su artículo 1° establece que “ El Código de Comercio rige las obligaciones de los comerciantes que se refieran a operaciones mercantiles, las que contraigan personas no comerciantes para asegurar el cumplimiento de obligaciones comerciales, y las que resulten de contratos exclusivamente mercantiles. ” por lo que es de vital importancia considerarlo. Al igual que el Código del Trabajo, el Código de Comercio es un compendio de normas que rigen las actividades mercantiles, por lo que se pueden reconocer los siguientes libros dentro del código:

- **LIBRO I DE LOS COMERCIANTES Y DE LOS AGENTES DEL COMERCIO:** Se establecen la calificación de los comerciantes, la forma de registrar las actividades comerciales, las obligaciones de los comerciantes y las mecánicas de los corredores comerciales.
- **LIBRO II DE LOS CONTRATOS Y OBLIGACIONES MERCANTILES**

¹¹Ley N°21.342. Diario Oficial de la República de Chile. 01 de Junio de 2021. <https://bcn.cl/2pq8j>

¹²Código de Comercio. Diario Oficial de la República de Chile. 23 de Noviembre de 1865. <https://bcn.cl/2g7d1>

EN GENERAL: En este libro se explican y regulan los distintos contratos de compra y venta de bienes y servicios que se pueden celebrar entre partes.

- **LIBRO III DE LA NAVEGACIÓN Y EL COMERCIO MARÍTIMOS:** Regula los derechos mercantiles en el mar, pero no aplica para el negocio que se plantea en este proyecto.

7.5. Decreto con Fuerza de Ley 340 sobre concesiones marítimas

Actualmente, el Código de Aguas ¹³ existente solamente rige y regula el uso y la explotación de aguas terrestres superficiales y subterráneas, dejando completamente de lado las aguas marítimas. La única ley que habla sobre las aguas marítimas es el DFL 340 ¹⁴ que dice en su artículo 1° “Al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, corresponde el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de la República y de los ríos y lagos que son navegables por buques de más de 100 toneladas”.

Dentro de este se establece que el uso de cualquier forma particular de las playas, litorales, porciones de mar, entre otras, debe ser concedido por el Ministerio de Defensa Nacional mediante concesiones marítimas, por lo cual es importante que este D.F.L. sea considerado para el proyecto.

¹³D.F.L. N°1122. Diario Oficial de la República de Chile. 29 de Octubre de 1981. <https://bcn.cl/3130z>

¹⁴D.F.L. N°340. Diario Oficial de la República de Chile. 5 de Abril de 1960. <https://bcn.cl/2k1fj>

7.6. Decreto con Fuerza de Ley 70, 30 de Diciembre de 1988

El decreto con fuerza de ley N°70¹⁵, establece disitintas condiciones para calcular las tarifas de los servicios sanitarios, tal como la distribución de agua potable.

El punto mas relevante dentro de este decreto, es la fijación de limites para los proyectos en términos de plazo, tasa de descuento y tarifas.

El artículo número 4, fija que las tarifas de los servicios sanitarios se calculan sobre la base de costos incrementales de desarrollo, la ley define esta base como:

Para estos efectos, el costo incremental de desarrollo, se definirá como aquel valor equivalente a un precio unitario constante que, aplicado a la demanda incremental proyectada, genera los ingresos requeridos para cubrir los costos incrementales de explotación eficiente y de inversión de un proyecto de expansión optimizado del prestador, de tal forma que ello sea consistente con un valor actualizado neto del proyecto de expansión igual a cero...El proyecto de expansión abarcará un período no inferior a 15 años.

En otras palabras las tarifas son calculadas en base a un Valor Actual Neto igual a cero, dentro del horizonte de evaluación, el cual no puede ser menor a 15 años.

De igual forma el artículo número 5 de este decreto, establece que:

La tasa de costo de capital corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile para sus instrumentos reajustables en

¹⁵D.F.L. N°70. Diario Oficial de la República de Chile. 30 de Diciembre de 1988. <https://bcn.cl/3130z>

moneda nacional de plazo igual o mayor a ocho años, más un premio por riesgo que no podrá ser inferior a 3 % ni superior a 3,5 %.

Es decir, la ley establece que la tasa de descuento para los proyectos de servicios sanitarios, equivale a los retornos de los bonos del Banco Central más un porcentaje entre 3 % y 3,5 %.

Estos límites legales deben ser considerados en el estudio económico del presente proyecto.

7.7. Leyes Tributarias

En materias tributarias hay que tener en consideración principalmente tres normas; Código Tributario ¹⁶ y el Decreto Ley 825 (Impuesto al Valor Agregado) ¹⁷. Al igual que los otros códigos, el Código Tributario contiene todas las normas tributarias que rigen a las empresas y establece los mecanismos pertinentes para su aplicación ratificando al SII como órgano fiscalizador a través del artículo 1°. Por otro lado, el D.L. N°825 establece que las actividades comerciales relacionadas a la venta de bienes y servicios (como es el caso del proyecto en este estudio) deberán pagar un impuesto del 19 % sobre la base imponible.

7.8. Leyes Varias

A continuación se presentan las leyes más relevantes acerca del agua potable, las cuales deben ser consideradas para el presente estudio.

¹⁶Decreto Ley. N°830. Diario Oficial de la República de Chile. 31 de Diciembre de 1974. <https://bcn.cl/2f75t>

¹⁷Decreto Ley. N°825. Diario Oficial de la República de Chile. 31 de Diciembre de 1974. <https://bcn.cl/2ip9v>

- **Ley 18.885** ¹⁸: Esta ley autoriza al estado a desarrollar actividades empresariales en materia de agua potable y alcantarillado, y para esto se dispone la constitución de sociedades anónimas.

- **D.F.L. N°382, Ley General de Servicios Sanitarios** ¹⁹: Este Decreto con Fuerza de Ley establece las normas generales sobre los servicios sanitarios para la explotación de estos servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas.

¹⁸Ley. N°18.885. Diario Oficial de la República de Chile. 12 de Enero de 1990. <https://bcn.cl/341n1>

¹⁹D.F.L. N°382. Diario Oficial de la República de Chile. 21 de Junio de 1989. <https://bcn.cl/2k24z>

8 | Estudio Tributario

8.1. Impuesto a la Renta de Primera Categoría

Basado en el segundo artículo del **Decreto de Ley N° 824**: Ley de Impuesto a la Renta ¹, se concede con una tasa anual, la cual afecta a las utilidades tributarias de los negocios. Este impuesto se determina sobre la base de las utilidades líquidas obtenidas por la empresa, es decir, sobre los ingresos percibidos menos los gastos. El impuesto debe ser pagado en abril por todos aquellos comerciantes que posean rentas devengadas en el año tributario anterior. A partir del 2019, el valor de la tasa es del 27 %, de lo cual estaría sujeto el proyecto a realizarse, según el régimen tributario establecido en la letra B del artículo 14 de la LIR.

8.2. Impuesto al Valor Agregado (IVA)

Debido a que se realiza un estudio a partir de la evaluación de la prestación de un servicio que es el agua potable para consumo humano, según el SII, el presente proyecto cae dentro del rubro “Suministro de Agua”, dentro del subrubro “Captación, tratamiento y distribución de agua”, donde su actividad es, específicamente, la “Captación, tratamiento y

¹Decreto Ley. N°824. Diario Oficial de la República de Chile. 31 de Diciembre de 1974. <http://bcn.cl/2f7ce>

distribución de agua (Servicio de Impuestos Internos, s.f)”. En base a esto, este proyecto si estaría afecto a IVA que es el 19 % al momento de vender el agua o mejor dicho prestar el servicio de agua potable. Por lo cual, el proyecto es susceptible tanto al IVA Crédito Fiscal como al IVA Débito Fiscal.

9 | Estudio Organizacional

9.1. Tipo de Sociedad

Dado que el presente proyecto busca suministrar agua potable se considerará que para los temas organizacionales este será desarrollado por una empresa sanitaria, similar a Esva S.A., para así no incumplir con las leyes acerca de la distribución de agua como monopolio natural.

El tipo de sociedad con el cual se define a una persona jurídica entrega información acerca de su conformación, es decir si corresponde a una organización de individual de personas o a una colectiva y si corresponde a una sociedad civil o comercial.

Dentro de las sociedades comerciales, destacan tres tipos de sociedades que podrían satisfacer las necesidades de este proyecto: Empresa Individual de Responsabilidad Limitada (E.I.R.L), Sociedad Anónima (S.A.) y Sociedad por Acciones (S.p.A.).

Para este proyecto se opta por determinar a la S.A. como característica fundamental del giro. Donde las características de esta sociedad son las siguientes (MisAbogados, 2021):

- Es una sociedad de capitales sin importar quiénes son los socios
- El capital se divide en acciones. Es decir, el peso político para la toma de decisiones

de la sociedad está dado por el número de acciones y no por el número de accionistas.

- Las acciones son nominativas.
- Es una sociedad solemne. Esto implica que tanto para su constitución como para su modificación se requiere del cumplimiento de determinadas formalidades legales.
- Tiene un sistema de administración legal. Es decir, tienen un directorio que las administra, cuyas atribuciones, facultades, derechos y obligaciones se encuentran estipuladas en la ley.
- Las acciones son nominativas y de libre “cesibilidad”. Es decir, un accionista puede vender sus acciones a quien quiera. Esto es así porque la S.A. es de capital, por lo que la persona da lo mismo.
- Cualquier restricción o limitación a la transferencia de acciones es válida, siempre que no sea una prohibición. Es decir, puedo pactar requisitos, exigencias y limitaciones para la transferencia, pero jamás se puede prohibir.
- Son siempre mercantiles, esto significa que la naturaleza jurídica de la S.A. es siempre comercial, sin embargo, siempre puede ejecutar actos civiles.

9.1.1. Procedimientos Asociados

Para establecer el tipo de sociedad, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Constituir la sociedad por escritura pública o por instrumento privado autorizado ante notario.
2. Redacción de la constitución de la sociedad.
3. Inscribir la empresa en la Notaría y Registro de Comercio.

4. Publicar la constitución en el Diario Oficial.
5. Iniciar Actividades en el SII y obtener el Rol Único Tributario (RUT).
6. Formalizar documentos tributarios.

9.1.2. Costos Asociados

Para determinar los costos asociados a la formación de la empresa, es necesario establecer el supuesto de que el capital social de la empresa tendrá el mismo valor que el de la inversión obtenida en el estudio técnico, o sea \$3.193.369,73 USD.

De acuerdo con Abogados del Maule (s.f.), los costos asociados a solicitar asesoría para la realización de los trámites necesarios la constitución de una sociedad son:

- Escritura de constitución de la sociedad: Corresponde al 1 % del capital social declarado en primera instancia, por lo que adquiere un valor de \$31.933,70 USD.
- El extracto del documento tiene un valor que corresponde al 0,1 % del capital social declarado en primera instancia, lo que para este caso es de \$3.193,37 USD.
- La publicación en el diario oficial la gestionan gratis si el capital social es menor a 5.000 UF, mientras que para todas las demás tiene un costo de 1 UTM, por lo cual para este proyecto implica un costo de \$52.842 CLP.
- La inscripción en el Registro del Comercio tiene un valor de \$256.000 CLP, para empresas con un capital mayor a \$128.000.000.

En resumen, y transformando todos los costos a USD, los costos asociados a la formación de la sociedad ascienden a un valor de **\$35.456,33 USD**.

9.2. Mano de Obra de Operación

9.2.1. Características

En cuanto a la mano de obra requerida para lograr operar este sistema de ósmosis con éxito, se considerará que para el presente proyecto se necesitaran los siguientes trabajadores, tomando en consideración la baja cantidad de trabajadores que requiere una planta desalinizadora en general y además para que existan mas de dos operarios disponibles para la estación de bombeo 1 y 2 al mismo tiempo.

- 1 Gerente de Operaciones
- 1 Contador Auditor
- 1 Abogado
- 2 Supervisores de Operaciones
- 6 Operadores

9.2.2. Análisis de Remuneraciones

Para el calculo de la mensualidad bruta, se considera:

- Cotización de Salud: 7% ¹
- Seguro de Cesantía: 0,6% ²

¹<https://www.fonasa.cl/sites/fonasa/empleadores/recaudacion-cotizaciones>

²<https://www.afc.cl/empleadores/esta-formando-una-empresa/cotizaciones-cuanto-y-como-debo-pagar/>

- Seguro de Invalidez y Sobrevivencia: 1,85% ³
- Cotización AFP: 11% ⁴

Dicho lo anterior, la tabla de remuneraciones por trabajador queda de la siguiente manera:

Tabla 9.1: Remuneraciones mano de obra de operación.

Trabajador	Cantidad	Mensualidad Bruta [CLP]	Mensualidad Neta [CLP]	Costo Anual [CLP]
Gerente de Operaciones	1	\$2.250.000	\$1.789.875	\$21.478.500
Contador Auditor	1	\$775.000	\$616.513	\$7.398.150
Abogado	1	\$720.000	\$572.760	\$6.873.120
Supervisor de Operaciones	2	\$650.000	\$517.075	\$12.409.800
Operador	6	\$550.000	\$437.525	\$31.501.800
Total	11	\$4.945.000	\$3.933.748	\$79.661.370

Fuente: <https://cl.talent.com/>.

Para las proyecciones de los costos por concepto de remuneraciones se considerará una inflación igual a 4,5% ⁵, quedando:

³<https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/w3-article-2955.html>

⁴<https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/w3-propertyvalue-9908.html>

⁵<https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?locations=CL>

Tabla 9.2: Proyección de remuneraciones (2023-2042).

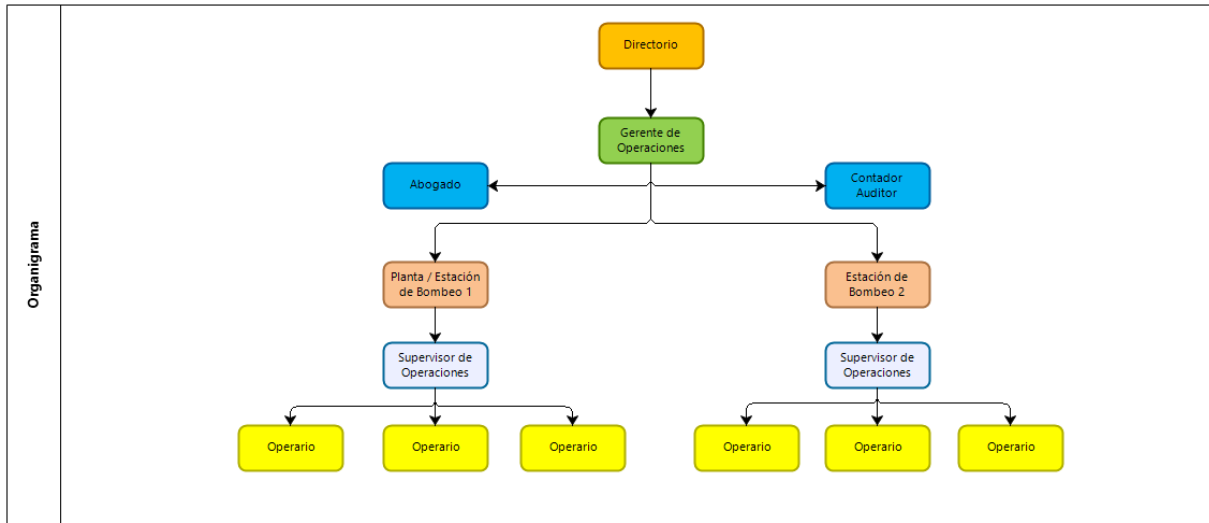
Año	Costos anuales [CLP]
2023	\$83.246.132
2024	\$86.992.208
2025	\$90.906.857
2026	\$94.997.665
2027	\$99.272.560
2028	\$103.739.826
2029	\$108.408.118
2030	\$113.286.483
2031	\$118.384.375
2032	\$123.711.672
2033	\$129.278.697
2034	\$135.096.238
2035	\$141.175.569
2036	\$147.528.470
2037	\$154.167.251
2038	\$161.104.777
2039	\$168.354.492
2040	\$175.930.444
2041	\$183.847.314
2042	\$192.120.443

Fuente: Elaboración Propia.

9.2.3. Estructura Organizacional

En cuanto a la estructura organizacional, se presenta a continuación el organigrama de la empresa, el cual logra reflejar de buena manera la división de las distintas áreas de la organización junto con los trabajadores requeridos.

En la Figura 9.1 se puede observar una estructura organizacional basada en territorio, siendo estos territorios ambas estaciones de bombeo.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 9.1: Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración Propia.

9.2.4. Descripción de Cargos

Gerente de Operaciones: Este cargo es el más importante dentro de la organización, ya que es él quien debe concentrar sus esfuerzos para tomar las mejores decisiones estratégicas y tácticas en concordancia con los objetivos planteados por el directorio. Este a su vez es el jefe directo de los *Supervisores de Operaciones* situados en cada estación de bombeo, guiándolos en base a los objetivos definidos para la empresa. Es necesario que la persona en este cargo tenga amplio conocimiento y experiencia en el área de la ósmosis para poder dirigir las operaciones en su totalidad, como también habilidades directivas para dirigir a sus subordinados.

Supervisor de Operaciones: Este cargo consta en ser el líder dentro de las estaciones de bombeo, dirigiendo a los *Operarios* en función de las instrucciones y objetivos

dados por el *Gerente de Operaciones*. Este debe ser capaz de resolver problemas dentro de su estación respectiva, y además reportar y mantener informado al *Gerente de Operaciones* de lo que sucede dentro de la estación.

Operarios: Los operarios deben hacer funcionar las maquinas, regulando los niveles de estas acorde a los requerimientos dictados por el supervisor. Estos a su vez deben reportar errores y malos funcionamientos dentro de sus estaciones correspondientes, con la finalidad de reportar a sus superiores de manera preventiva.

Abogado: El abogado tiene una función de apoyo para la organización, ya que es este quien debe asesorar a la empresa dentro de los ámbitos legales y tributarios. También debe representar a la empresa y velar por los intereses de esta frente a distintas situaciones, tales como demandas.

Contador Auditor: El rol que tiene el contador auditor es de apoyo a la organización, ya que es este quien debe llevar la contabilidad de la empresa, revisando los reportes financieros, velando por el cumplimiento de las leyes financieras y declarando los impuestos de la empresa frente al SII.

10 | Estudio Ambiental

Dado que el presente proyecto afecta directamente tanto al medioambiente como a la vida humana, es necesario realizar un estudio ambiental para clarificar cuales son las restricciones existentes y que condiciones se deben cumplir para que este proyecto sea viable en términos ambientales y no sea un efecto negativo para el ambiente y las personas que, al contrario, buscan ser beneficiadas por este proyecto.

10.1. Organismo a considerar

Antes de presentar el marco legal vigente en términos ambientales, se describe el principal organismo a considerar para efectos ambientales.

10.1.1. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)

El Servicio de Evaluación Ambiental es un organismo publico descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio. Este se encarga de gestionar y administrar el instrumento de evaluación ambiental que requieren los distintos proyectos que se llevan a cabo dentro del territorio nacional y que pueden tener impactos en el medioambiente (Servicio de Evaluación Ambiental, s.f.).

La misión de este organismo es:

Contribuir al desarrollo sustentable, la preservación y conservación de los recursos naturales y la calidad de vida de los habitantes del país, por medio de la gestión del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, asegurando una calificación ambiental transparente, técnica y eficiente en coordinación con los organismos del Estado, fomentando y facilitando la participación ciudadana en los procesos de evaluación, con el propósito de mitigar, compensar y/o reparar los impactos ambientales significativos (Servicio de Evaluación Ambiental, s.f).

10.2. Ley 19.300

Esta ley busca otorgar contenido jurídico a los temas que incumben al medioambiente, para así poder asegurar el derecho de que todas las personas vivan en un medioambiente libre de contaminación. Es importante considerar esta ley para la evaluación del presente proyecto, puesto que si se logra cumplir con las normativas que se establecen dentro de esta ley, se puede verificar la factibilidad del presente proyecto.

Esta ley se basa en 4 principios para poder garantizar un medioambiente libre de contaminación, estos principios son los siguientes ¹.

1. El principio preventivo: mediante esto se pretende evitar que se produzcan los problemas ambientales.
2. El segundo principio es el que contamina paga. El propósito es el que actualmente contamina o que lo haga en el futuro, debe incorporar en sus costos de producción todas las inversiones necesarias para evitar la contaminación. Por lo tanto los primeros

¹Ley N° 19300. Diario Oficial de la República de Chile. 09 de Marzo de 1994. <https://bcn.cl/32mxg>

responsables por disminuir la contaminación serán los particulares.

3. En tercer lugar, esta ley tiene como principio inspirador el gradualismo. La ley no pretende exigir de un día para otro los estándares ambientales más exigentes, ni someter a todas las actividades del país sin importar su tamaño, a los procedimientos de evaluación ambiental.
4. En cuarto lugar, la ley establece el principio de responsabilidad, con el cual se pretende que los responsables por los daños ambientales reparen a sus víctimas de todo daño.

10.3. Decreto 90

El Decreto 90² establece normas de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

Este decreto es relevante para el presente proyecto, pues al realizar la desalinización del agua de mar vía ósmosis inversa, se genera un agua de rechazo, la cual es una salmuera compuesta solamente de agua y abundante sal (NaCl), la cual es descargada aguas adentro en el mar.

Dentro de este decreto también se establece una zona delimitada por una línea imaginaria al interior del mar denominada Zona de Protección Litoral, también conocida como ZPL. Según este decreto, esta ZPL corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua. En la Figura 10.1 se puede observar un ejemplo de esta ZPL. Cabe destacar también que el ancho en metros de esta ZPL se calcula en base a la Ecuación 10.1.

²Decreto. N°90. Diario Oficial de la República de Chile. 07 de Marzo de 2001. <https://bcn.cl/2f7i3>

$$A = \frac{1,28 \cdot Hb}{m} \cdot 1,6 \quad (10.1)$$

Donde:

- Hb: Altura media de la rompiente (metros).
- m: Pendiente del fondo.
- A: Ancho zona de protección de litoral (metros).

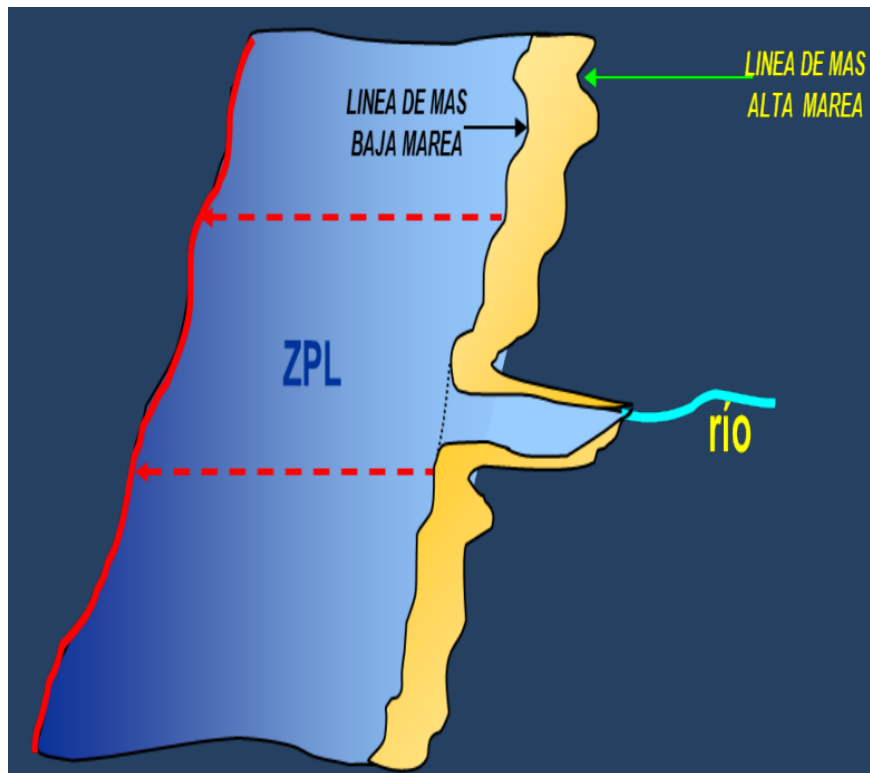


Figura 10.1: Zona de Protección Litoral

Fuente: Gallegos (2016).

En cuanto a las regulaciones que tiene este decreto en cuanto a la descarga de residuos líquidos dentro y fuera de la Zona de Protección Litoral previamente descrita, se tienen los siguientes límites.

Tabla 10.1: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,2
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN-	0,5
Cobre	mg/L	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO5	mgO2/L	DBO5	60
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F-	1,5
Fósforo	mg/L	P	5
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	10
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HCV	1
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	2
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,1
Níquel	mg/L	Ni	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50
PH	Unidad	pH	6,0 - 9,0
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	100
Sulfuros	mg/L	S2-	1
Zinc	mg/L	Zn	5
Temperatura	°C	T°	30

Fuente: Decreto 90. 07 de Marzo de 2001. <https://bcn.cl/2f7i3>

Tabla 10.2: Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	150
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.SED	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.	300
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0,5
Cadmio	mg/L	Cd	0,5
Cianuro	mg/L	CN-	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	1
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0,5
Cromo Total	mg/L	Cr Total	10
Estaño	mg/L	Sn	1
Fluoruro	mg/L	F-	6
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	20
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HC	2
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Molibdeno	mg/L	Mo	0,5
Níquel	mg/L	Ni	4
PH	Unidad	pH	5,5-9
Plomo	mg/L	Pb	1
SAAM	mg/L	SAAM	15
Selenio	mg/L	Se	0,03
Sulfuro	mg/L	S2-	5
Zinc	mg/L	Zn	5

Fuente: Decreto 90. 07 de Marzo de 2001. <https://bcn.cl/2f7i3>

Tanto los límites máximos permisibles de descargas de residuos líquidos dentro de la ZPL como fuera de esta, son completamente cumplidos por el presente proyecto, esto se puede aseverar gracias a la simulación de la planta de ósmosis realizada en la Subsección 6.7.2, donde al realizar un análisis de las aguas con este simulador (el cual se puede observar en la Tabla 10.3), se da cuenta que no existe presencia de ninguno de los elementos restringidos de las Tablas 10.1 y 10.2 en el agua de rechazo que será devuelta al océano.

Tabla 10.3: Análisis de agua en la ósmosis.

Iones	Alimentación (mg/L)	Rechazo (mg/L)	Producto (mg/L)
Amonio	0,00	0,00	0,00
Sodio	10.235,09	17.047,70	11,51
Potasio	503,01	837,77	0,66
Magnesio	1.263,56	2.105,34	0,30
Calcio	430,93	718,02	0,10
Estroncio	7,37	12,28	0,00
Bario	0,01	0,02	0,00
Fluor	1,29	2,15	0,00
Cloruro	18.334,36	30.539,02	19,04
Sulfato	3.058,13	5.095,75	0,32
Nitrato	0,00	0,00	0,00
Carbonato	3,03	5,05	0,00
Bicarbonato	155,02	258,06	0,39
Boro	4,78	7,81	0,23
Bromo	0,00	0,00	0,00
Sílice	0,00	0,00	0,00
CO ₂	1,96	1,96	1,96
TDS	33.996,58	56.626,97	32,55
pH	8,00	8,20	5,59

Fuente: Elaboración Propia

10.4. Estudio de Impacto Ambiental

Dentro de la ley 19.300³, cuyos principios y antecedentes generales fueron descritos previamente, se establece un instrumento de gestión ambiental denominado, sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), el cual está destinado a la evaluación y predicción de los impactos ambientales que puedan generar los proyectos y actividades que se realizan en el país y que, de acuerdo a la ley, requieran ser evaluados.

Todo proyecto o actividad susceptible de causar impacto ambiental, incluidas sus modificaciones, sólo se puede ejecutar o modificar previa evaluación de su impacto ambiental

³Ley N° 19300. Diario Oficial de la República de Chile. 09 de Marzo de 1994. <https://bcn.cl/32mxg>

mediante la presentación, según corresponda, de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Dentro del artículo 10 de esta ley, se establece que una de las actividades o proyectos que son susceptibles a causar impacto ambiental son los “Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos”. Por lo cual, el presente proyecto debe realizar una evaluación de su impacto ambiental.

En cuanto al sistema de evaluación del impacto ambiental, se tiene la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), donde la DIA se define como “el documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes”, mientras que el EIA se define como “el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos”.

Para definir que proyectos o actividades deben realizar la Declaración de Impacto Ambiental y cuales deben realizar el Estudio de Impacto Ambiental, el artículo 11 de esta ley establece las distintas características que debe cumplir un proyecto para que este requiera un Estudio de Impacto Ambiental, mientras que los demás proyectos solo deben presentar una Declaración de Impacto Ambiental.

Una de las características presentadas en el artículo 11 es “Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales

protegidos, glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar”. Tal como se describe en la Sección 6.6 el presente proyecto se encuentra situado cerca de un santuario de la naturaleza, por lo cual, la ley exige que este proyecto presente un Estudio de Impacto Ambiental.

El artículo 12 de esta ley establece las materias que deben ser consideradas en el Estudio de Impacto Ambiental, las cuales son:

- a) Una descripción del proyecto o actividad.
- b) La descripción de la línea de base, que deberá considerar todos los proyectos que cuenten con resolución de calificación ambiental, aun cuando no se encuentren operando.
- c) Una descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental.
- d) Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo. Cuando el proyecto deba presentar un Estudio de Impacto Ambiental por generar alguno de los efectos, características o circunstancias señaladas en la letra a) del artículo 11, y no existiera Norma Primaria de Calidad o de Emisión en Chile o en los Estados de referencia que señale el Reglamento, el proponente deberá considerar un capítulo específico relativo a los potenciales riesgos que el proyecto podría generar en la salud de las personas.
- e) Las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán, cuando ello sea procedente.
- f) Un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental.
- g) Un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

10.4.1. Etapas del Estudio de Impacto Ambiental

Las etapas por las cuales pasa el Estudio de Impacto Ambiental son las siguientes.

- **IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN AMBIENTAL:** Etapa donde se define la necesidad de realizar una evaluación de impacto ambiental. Se realiza una evaluación preliminar basada en información como la descripción del proyecto, alcance y área de influencia y medidas de mitigación posibles a utilizar, definidos de manera general. En esta etapa se determina si el proyecto presenta impactos ambientales potenciales significativos de carácter negativo y positivo.
- **PREPARACIÓN Y ANÁLISIS:** Esta etapa corresponde a la aplicación concreta del alcance del estudio, se revisan los impactos significativos ya identificados (especialmente los de carácter negativo) y se establecen las medidas de mitigación y compensación asociadas. Además, se elabora un plan de manejo ambiental, se propone el seguimiento y control.
- **CALIFICACIÓN Y DECISIÓN:** Esta etapa corresponde a la revisión formal por parte de la autoridad de los estudios de impacto ambiental (Comisión de Evaluación de la respectiva región, o el director ejecutivo del Servicio de Evaluación Ambiental). Se busca verificar la adecuación y pertinencia de las medidas propuestas para el manejo de los impactos negativos significativos derivados de las acciones específicas.
- **SEGUIMIENTO Y CONTROL** Verificación de la ejecución del plan de manejo ambiental en caso de corresponder, estableciendo si las acciones se encuentran acordes a los criterios de protección ambiental y normativa vigente.

10.4.2. Costos asociados al Estudio de Impacto Ambiental

Tal como fue mencionado previamente, la ley requiere el presente proyecto elabore un Estudio de Impacto Ambiental, puesto que es un tipo de proyecto que es susceptible a causar impactos ambientales y también por su cercanía a un santuario de la naturaleza.

Para realizar un estudio de impacto ambiental es necesario que se despliegue un equipo profesional capaz de levantar la información necesaria y realizar los planes de manejo ambiental con sus correspondientes medidas de seguimiento y control. Según A. Acuña, ex Director General del Servicio de Evaluación Ambiental de la región de Valparaíso y actual Ingeniero Senior de Medio Ambiente en RECIMAT (comunicación personal, 03 de octubre de 2022), un estudio de impacto ambiental para este tipo de proyecto tiene un costo de **100.000.000 CLP**.

11 | Estudio Económico

11.1. Definición de Parámetros

11.1.1. Determinación de la tasa de descuento

Dado que el suministro de agua potable es un bien indispensable para la vida humana y además por sus características al momento de distribuirla, este es un negocio del tipo monopólico, lo cual podría otorgar rentabilidades altas sin mayor esfuerzo, sin embargo la ley pone límites al momento de establecer precios para este tipo de proyectos.

En términos de tasa de descuento para este tipo de proyectos el D.F.L N°70 establece que “La tasa de costo de capital corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile para sus instrumentos reajustables en moneda nacional de plazo igual o mayor a ocho años, más un premio por riesgo que no podrá ser inferior a 3 % ni superior a 3,5 %”, por lo cual se establece que el premio por riesgo es de 3,5 %.

En línea con lo anterior, se establecerá que el premio de riesgo a utilizar es de 3,5 %, por otro lado, se utilizará el retorno de los bonos a 10 años del banco central con fecha 4 de Octubre de 2022, el cual es de 6,8 %. Otorgando así, una tasa de descuento para el presente proyecto de 10,3 %.

11.1.2. Determinación del VAN

El D.F.L N°70 también establece que el VAN debe ser igual a cero, por lo cual para el presente proyecto, se iterará la tarifa del metro cubico de agua suministrado, verificando si es posible obtener un VAN igual a cero con el horizonte de evaluación establecido y con que tarifa se obtiene, para así evaluar si esta tarifa mejora la situación actual en Petorca.

11.1.3. Determinación del Horizonte de Evaluación

En cuanto al horizonte de evaluación, el D.F.L N°70 establece que este no puede ser menor a 15 años, por lo cual, se establecerá que el horizonte de evaluación es de 20 años, puesto que el objetivo de emprender un proyecto es que este se desarrolle y perdure a través del tiempo. También, la estabilidad del rubro proyecto, justifica la elección del horizonte de evaluación.

11.2. Depreciaciones

Para poder calcular la depreciación de los activos fijos del proyecto, se consideró una depreciación lineal de los equipos, teniendo un costo residual nulo al fin de su vida útil. Además, se utilizó la vida útil de los activos entregada por la *NUEVA TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO*¹.

Según la tabla de vida útil otorgada por el SII, la planta de ósmosis inversa y el generador de vacío, están dentro de la clasificación A-15 de “Maquinarias y equipos en general” con una vida útil de 15 años.

¹https://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm

El container entra dentro de la clasificación A-5 de “Galpones de madera o estructura metálica” con una vida útil de 20 años.

Tanto la bomba de la estación de bombeo 1, como la bomba de la estación de bombeo 2 entran en la clasificación G-34.c) “Bomba elevadora de agua”, con una vida útil de 20 años cada una.

En cuanto a los estanques de hormigón de ambas estaciones de bombeo, estos entran en la clasificación A-2 “Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas hormigón armado, con o sin losas” con una vida útil de 50 años cada uno.

Por ultimo, las tuberías tanto para la succión, descarga y conexión entre la planta y Petorca, entran dentro de la clasificación G-7 “Tuberías para agua potable instaladas en predios agrícolas” con una vida útil de 18 años.

En base a lo anterior, se presentan las depreciaciones anuales de cada activo en la Tabla 11.1 y las depreciaciones totales anuales en la Tabla 11.2. Cabe destacar que los montos de ambas tablas se encuentran en dolares americanos.

Tabla 11.1: Depreciación de activos.

Activo	Monto USD	Vida Util	Dep año 1	Dep año 2	Dep año 3	Dep año 4	Dep año 5
Planta de Ósmosis	\$518.445,19	15	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01
Container	\$5.049,25	20	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46
Bomba E1	\$7.509,00	20	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45
Estanque E1	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Bomba E2	\$7.022,00	20	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10
Estanque E2	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Tuberías (Succión)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Generador de Vacío	\$1.190,79	15	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39
Tuberías (Descarga)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Tuberías (Conexión)	\$1.096.755,00	18	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83

Activo	Monto USD	Vida Util	Dep año 6	Dep año 7	Dep año 8	Dep año 9	Dep año 10
Planta de Ósmosis	\$518.445,19	15	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01
Container	\$5.049,25	20	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46
Bomba E1	\$7.509,00	20	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45
Estanque E1	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Bomba E2	\$7.022,00	20	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10
Estanque E2	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Tuberías (Succión)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Generador de Vacío	\$1.190,79	15	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39
Tuberías (Descarga)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Tuberías (Conexión)	\$1.096.755,00	18	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83

Activo	Monto USD	Vida Util	Dep año 11	Dep año 12	Dep año 13	Dep año 14	Dep año 15
Planta de Ósmosis	\$518.445,19	15	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01	\$34.563,01
Container	\$5.049,25	20	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46
Bomba E1	\$7.509,00	20	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45
Estanque E1	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Bomba E2	\$7.022,00	20	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10
Estanque E2	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Tuberías (Succión)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Generador de Vacío	\$1.190,79	15	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39	\$79,39
Tuberías (Descarga)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67	\$91,67
Tuberías (Conexión)	\$1.096.755,00	18	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83

Activo	Monto USD	Vida Util	Dep año 16	Dep año 17	Dep año 18	Dep año 19	Dep año 20
Planta de Ósmosis	\$518.445,19	15					
Container	\$5.049,25	20	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46	\$252,46
Bomba E1	\$7.509,00	20	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45	\$375,45
Estanque E1	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Bomba E2	\$7.022,00	20	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10	\$351,10
Estanque E2	\$455.035,39	50	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71	\$9.100,71
Tuberías (Succión)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67		
Generador de Vacío	\$1.190,79	15					
Tuberías (Descarga)	\$1.650,00	18	\$91,67	\$91,67	\$91,67		
Tuberías (Conexión)	\$1.096.755,00	18	\$60.930,83	\$60.930,83	\$60.930,83		

Activo	Monto USD	Vida Util	Valor Libro
Planta de Ósmosis	\$518.445,19	15	\$-
Container	\$5.049,25	20	\$-
Bomba E1	\$7.509,00	20	\$-
Estanque E1	\$455.035,39	50	\$273.021,24
Bomba E2	\$7.022,00	20	\$-
Estanque E2	\$455.035,39	50	\$273.021,24
Tuberías (Succión)	\$1.650,00	18	\$-
Generador de Vacío	\$1.190,79	15	\$-
Tuberías (Descarga)	\$1.650,00	18	\$-
Tuberías (Conexión)	\$1.096.755,00	18	\$-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11.2: Depreciación total anual y valor libro.

	Total
Dep año 1	\$114.936,99
Dep año 2	\$114.936,99
Dep año 3	\$114.936,99
Dep año 4	\$114.936,99
Dep año 5	\$114.936,99
Dep año 6	\$114.936,99
Dep año 7	\$114.936,99
Dep año 8	\$114.936,99
Dep año 9	\$114.936,99
Dep año 10	\$114.936,99
Dep año 11	\$114.936,99
Dep año 12	\$114.936,99
Dep año 13	\$114.936,99
Dep año 14	\$114.936,99
Dep año 15	\$114.936,99
Dep año 16	\$80.294,60
Dep año 17	\$80.294,60
Dep año 18	\$80.294,60
Dep año 19	\$19.180,43
Dep año 20	\$19.180,43
Valor libro	\$546.042,47

Fuente: Elaboración Propia.

11.3. Flujo de Caja

Tabla 11.3: Flujo de Caja del Proyecto.

	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4
Ingresos por Ventas (+)		\$1.322.387,42	\$1.325.474,71	\$1.328.561,99	\$1.331.649,28
Remuneraciones (-)		\$-88.748,54	\$-92.742,23	\$-96.915,63	\$-101.276,83
Electricidad Planta (-)		\$-428.318,02	\$-437.301,77	\$-446.285,53	\$-455.269,28
Electricidad E1 (-)		\$-116.274,21	\$-118.712,97	\$-121.151,73	\$-123.590,49
Electricidad E2 (-)		\$-96.895,34	\$-98.927,64	\$-100.959,94	\$-102.992,24
Utilidad Operacional		\$592.151,30	\$577.790,09	\$563.249,17	\$548.520,44
Depreciación (-)		\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior		\$-	\$-	\$-	\$-
Venta de Activo					
Valor Libro (-)					
Utilidad Antes de Impuestos		\$477.214,31	\$462.853,10	\$448.312,18	\$433.583,45
Impuestos (-)		\$-128.847,86	\$-124.970,34	\$-121.044,29	\$-117.067,53
Utilidad Después de Impuestos		\$348.366,45	\$337.882,76	\$327.267,89	\$316.515,92
Depreciación (+)		\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior (+)		\$-	\$-	\$-	\$-
Valor Libro (+)					
Recuperación Capital de Trabajo (+)					
Flujo de Caja Antes de Inversión		\$463.303,44	\$452.819,76	\$442.204,88	\$431.452,91
Inversión Activos Depreciables	\$-2.549.342,02				
Inversión Activos No Depreciables	\$-786.093,85				
Inversión Capital de Trabajo	\$-213.029,69				
Flujo de Caja Antes de IVA	\$-3.548.465,56	\$463.303,44	\$452.819,76	\$442.204,88	\$431.452,91
Recuperación IVA (+)	\$-	\$129.370,97	\$127.401,14	\$55.225,57	\$-
Flujo de Caja Neto	\$-3.548.465,56	\$592.674,41	\$580.220,90	\$497.430,45	\$431.452,91

	2027	2028	2029	2030	2031
	5	6	7	8	9
Ingresos por Ventas (+)	\$1.334.736,56	\$1.337.823,85	\$1.339.882,04	\$1.342.969,33	\$1.346.056,61
Remuneraciones (-)	\$-105.834,29	\$-110.596,83	\$-115.573,69	\$-120.774,50	\$-126.209,35
Electricidad Planta (-)	\$-464.253,03	\$-473.236,78	\$-482.220,54	\$-491.204,29	\$-500.188,04
Electricidad E1 (-)	\$-126.029,26	\$-128.468,02	\$-130.906,78	\$-133.345,54	\$-135.784,30
Electricidad E2 (-)	\$-105.024,53	\$-107.056,83	\$-109.089,13	\$-111.121,42	\$-113.153,72
Utilidad Operacional	\$533.595,46	\$518.465,39	\$502.091,91	\$486.523,57	\$470.721,20
Depreciación (-)	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Venta de Activo					
Valor Libro (-)					
Utilidad Antes de Impuestos	\$418.658,47	\$403.528,40	\$387.154,92	\$371.586,58	\$355.784,20
Impuestos (-)	\$-113.037,79	\$-108.952,67	\$-104.531,83	\$-100.328,38	\$-96.061,73
Utilidad Después de Impuestos	\$305.620,68	\$294.575,73	\$282.623,09	\$271.258,20	\$259.722,47
Depreciación (+)	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Valor Libro (+)					
Recuperación Capital de Trabajo (+)					
Flujo de Caja Antes de Inversión	\$420.557,67	\$409.512,72	\$397.560,09	\$386.195,20	\$374.659,46
Inversión Activos Depreciables					
Inversión Activos No Depreciables					
Inversión Capital de Trabajo					
Flujo de Caja Antes de IVA	\$420.557,67	\$409.512,72	\$397.560,09	\$386.195,20	\$374.659,46
Recuperación IVA (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo de Caja Neto	\$420.557,67	\$409.512,72	\$397.560,09	\$386.195,20	\$374.659,46

	2032	2033	2034	2035	2036
	10	11	12	13	14
Ingresos por Ventas (+)	\$1.349.143,90	\$1.352.231,18	\$1.355.318,47	\$1.358.405,76	\$1.361.493,04
Remuneraciones (-)	\$-131.888,78	\$-137.823,77	\$-144.025,84	\$-150.507,00	\$-157.279,82
Electricidad Planta (-)	\$-509.171,80	\$-518.155,55	\$-527.139,30	\$-536.123,05	\$-545.106,81
Electricidad E1 (-)	\$-138.223,06	\$-140.661,82	\$-143.100,58	\$-145.539,34	\$-147.978,10
Electricidad E2 (-)	\$-115.186,02	\$-117.218,31	\$-119.250,61	\$-121.282,91	\$-123.315,21
Utilidad Operacional	\$454.674,25	\$438.371,73	\$421.802,14	\$404.953,45	\$387.813,11
Depreciación (-)	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99	\$-114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Venta de Activo					
Valor Libro (-)					
Utilidad Antes de Impuestos	\$339.737,26	\$323.434,74	\$306.865,14	\$290.016,45	\$272.876,11
Impuestos (-)	\$-91.729,06	\$-87.327,38	\$-82.853,59	\$-78.304,44	\$-73.676,55
Utilidad Después de Impuestos	\$248.008,20	\$236.107,36	\$224.011,55	\$211.712,01	\$199.199,56
Depreciación (+)	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99	\$114.936,99
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Valor Libro (+)					
Recuperación Capital de Trabajo (+)					
Flujo de Caja Antes de Inversión	\$362.945,19	\$351.044,35	\$338.948,55	\$326.649,01	\$314.136,56
Inversión Activos Depreciables					
Inversión Activos No Depreciables					
Inversión Capital de Trabajo					
Flujo de Caja Antes de IVA	\$362.945,19	\$351.044,35	\$338.948,55	\$326.649,01	\$314.136,56
Recuperación IVA (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo de Caja Neto	\$362.945,19	\$351.044,35	\$338.948,55	\$326.649,01	\$314.136,56

	2037	2038	2039	2040	2041	2042
	15	16	17	18	19	20
Ingresos por Ventas (+)	\$1.364.580,33	\$1.367.667,61	\$1.370.754,90	\$1.373.842,19	\$1.376.929,47	\$1.380.016,76
Remuneraciones (-)	\$-164.357,41	\$-171.753,49	\$-179.482,40	\$-187.559,11	\$-195.999,27	\$-204.819,24
Electricidad Planta (-)	\$-554.090,56	\$-563.074,31	\$-572.058,06	\$-581.041,82	\$-590.025,57	\$-599.009,32
Electricidad E1 (-)	\$-150.416,86	\$-152.855,63	\$-155.294,39	\$-157.733,15	\$-160.171,91	\$-162.610,67
Electricidad E2 (-)	\$-125.347,50	\$-127.379,80	\$-129.412,10	\$-131.444,39	\$-133.476,69	\$-135.508,99
Utilidad Operacional	\$370.367,99	\$352.604,38	\$334.507,95	\$316.063,72	\$297.256,03	\$278.068,54
Depreciación (-)	\$-114.936,99	\$-80.294,60	\$-80.294,60	\$-80.294,60	\$-19.180,43	\$-19.180,43
Pérdida Ejercicio Anterior	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Venta de Activo						
Valor Libro (-)						\$-546.042,47
Utilidad Antes de Impuestos	\$255.431,00	\$272.309,79	\$254.213,36	\$235.769,12	\$278.075,60	\$-287.154,36
Impuestos (-)	\$-68.966,37	\$-73.523,64	\$-68.637,61	\$-63.657,66	\$-75.080,41	\$-
Utilidad Después de Impuestos	\$186.464,63	\$198.786,15	\$185.575,75	\$172.111,46	\$202.995,19	\$-287.154,36
Depreciación (+)	\$114.936,99	\$80.294,60	\$80.294,60	\$80.294,60	\$19.180,43	\$19.180,43
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Valor Libro (+)						\$546.042,47
Recuperación Capital de Trabajo (+)						213.030
Flujo de Caja Antes de Inversión	\$301.401,62	\$279.080,74	\$265.870,34	\$252.406,05	\$222.175,62	\$491.098,23
Inversión Activos Depreciables						
Inversión Activos No Depreciables						
Inversión Capital de Trabajo						
Flujo de Caja Antes de IVA	\$301.401,62	\$279.080,74	\$265.870,34	\$252.406,05	\$222.175,62	\$491.098,23
Recuperación IVA (+)	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo de Caja Neto	\$301.401,62	\$279.080,74	\$265.870,34	\$252.406,05	\$222.175,62	\$491.098,23

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11.4: Balance de IVA.

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por IVA		\$ 251.253,61	\$ 251.840,19	\$ 252.426,78	\$ 253.013,36	\$ 253.599,95
Egresos por IVA	\$ -311.997,68	\$ -121.882,64	\$ -124.439,05	\$ -126.995,47	\$ -129.551,88	\$ -132.108,30
Balance Anual	\$ -311.997,68	\$ 129.370,97	\$ 127.401,14	\$ 125.431,31	\$ 123.461,48	\$ 121.491,65
Saldo Crédito (-) /Débito (+)	\$ -311.997,68	\$ -182.626,71	\$ -55.225,57	\$ 70.205,74	\$ 123.461,48	\$ 121.491,65
Flujo	\$ -	\$ 129.370,97	\$ 127.401,14	\$ 55.225,57	\$ -	\$ -

	2028	2029	2030	2031	2032
	6	7	8	9	10
Ingresos por IVA	\$ 254.186,53	\$ 254.577,59	\$ 255.164,17	\$ 255.750,76	\$ 256.337,34
Egresos por IVA	\$ -134.664,71	\$ -137.221,12	\$ -139.777,54	\$ -142.333,95	\$ -144.890,37
Balance Anual	\$ 119.521,82	\$ 117.356,46	\$ 115.386,63	\$ 113.416,80	\$ 111.446,97
Saldo Crédito (-) /Débito (+)	\$ 119.521,82	\$ 117.356,46	\$ 115.386,63	\$ 113.416,80	\$ 111.446,97
Flujo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

	2033	2034	2035	2036	2037
	11	12	13	14	15
Ingresos por IVA	\$256.923,93	\$257.510,51	\$258.097,09	\$258.683,68	\$259.270,26
Egresos por IVA	\$-147.446,78	\$-150.003,19	\$-152.559,61	\$-155.116,02	\$-157.672,44
Balance Anual	\$109.477,15	\$107.507,32	\$105.537,49	\$103.567,66	\$101.597,83
Saldo Crédito (-) /Débito (+)	\$109.477,15	\$107.507,32	\$105.537,49	\$103.567,66	\$101.597,83
Flujo	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-

	2038	2039	2040	2041	2042
	16	17	18	19	20
Ingresos por IVA	\$259.856,85	\$260.443,43	\$261.030,02	\$261.616,60	\$262.203,18
Egresos por IVA	\$-160.228,85	\$-162.785,26	\$-165.341,68	\$-167.898,09	\$-170.454,51
Balance Anual	\$99.628,00	\$97.658,17	\$95.688,34	\$93.718,51	\$91.748,68
Saldo Crédito (-) /Débito (+)	\$99.628,00	\$97.658,17	\$95.688,34	\$93.718,51	\$91.748,68
Flujo	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-

Fuente: Elaboración Propia.

11.4. Indicadores del Proyecto

Tabla 11.5: Indicadores financieros del Proyecto.

VAN	\$0,00
TIR	10,30 %
PAYBACK	Año 20
Precio del Agua	\$2,82

Fuente: Elaboración Propia.

Como fue mencionado anteriormente, la ley establece que los proyectos relacionados a servicios sanitarios deben tener un VAN igual a cero. Para realizar esto se iteró el precio del metro cubico del agua con la finalidad de obtener dicho VAN nulo. Al observar los indicadores obtenidos en la Tabla 11.5 se puede observar que el proyecto es prefactible y con un buen precio del metro cubico de agua, ya que el proyecto es capaz de tener un VAN igual a cero dentro de su horizonte de evaluación, obtener una TIR igual a la tasa de descuento establecida por la ley y con un precio de venta del agua de 2,82 USD por metro cubico, lo cual contrasta de buena manera a los 10.040 CLP promedio por metro cubico que ofrecen actualmente los camiones aljibes en Petorca.

12 | Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad permite visualizar como varían los indicadores del proyecto ante cambios en alguna de sus variables clave, manteniendo todas las otras variables constantes.

Para el presente estudio se realizan dos análisis de sensibilidad unidimensionales, es decir, para cada uno se selecciona una sola variable a sensibilizar. Estas variables son, *Tipo de cambio $\frac{USD}{UF}$* y *Porcentaje de subsidio a la inversión inicial*, donde la primera busca variar porcentualmente el tipo de cambio utilizado para transformar los costos originalmente en CLP a USD, y la segunda representa el rol subsidiario del estado, variando el porcentaje de subsidio sobre la inversión inicial del proyecto, con el fin de que el estado asegure a la población de Petorca un servicio de agua potable a un precio razonable.

12.1. Tipo de Cambio USD/UF

Tabla 12.1: Sensibilización del tipo de cambio USD/UF.

Variación % Tipo de cambio	VAN	TIR	Precio del Agua USD
-100 %	\$0,00	10,30 %	\$0,46
-95 %	\$0,00	10,30 %	\$0,58
-90 %	\$0,00	10,30 %	\$0,70
-85 %	\$0,00	10,30 %	\$0,82

Variación % Tipo de cambio	VAN	TIR	Precio del Agua USD
-80 %	\$0,00	10,30 %	\$0,94
-75 %	\$0,00	10,30 %	\$1,05
-70 %	\$0,00	10,30 %	\$1,17
-65 %	\$0,00	10,30 %	\$1,29
-60 %	\$0,00	10,30 %	\$1,41
-55 %	\$0,00	10,30 %	\$1,52
-50 %	\$0,00	10,30 %	\$1,64
-45 %	\$0,00	10,30 %	\$1,76
-40 %	\$0,00	10,30 %	\$1,88
-35 %	\$0,00	10,30 %	\$2,00
-30 %	\$0,00	10,30 %	\$2,11
-25 %	\$0,00	10,30 %	\$2,23
-20 %	\$0,00	10,30 %	\$2,35
-15 %	\$0,00	10,30 %	\$2,47
-10 %	\$0,00	10,30 %	\$2,58
-5 %	\$0,00	10,30 %	\$2,70
0 %	\$0,00	10,30 %	\$2,82
5 %	\$0,00	10,30 %	\$2,94
10 %	\$0,00	10,30 %	\$3,05
15 %	\$0,00	10,30 %	\$3,17
20 %	\$0,00	10,30 %	\$3,29
25 %	\$0,00	10,30 %	\$3,41
30 %	\$0,00	10,30 %	\$3,53
35 %	\$0,00	10,30 %	\$3,64
40 %	\$0,00	10,30 %	\$3,76
45 %	\$0,00	10,30 %	\$3,88
50 %	\$0,00	10,30 %	\$4,00
55 %	\$0,00	10,30 %	\$4,11
60 %	\$0,00	10,30 %	\$4,23
65 %	\$0,00	10,30 %	\$4,35
70 %	\$0,00	10,30 %	\$4,47
75 %	\$0,00	10,30 %	\$4,59
80 %	\$0,00	10,30 %	\$4,70
85 %	\$0,00	10,30 %	\$4,82
90 %	\$0,00	10,30 %	\$4,94
95 %	\$0,00	10,30 %	\$5,06
100 %	\$0,00	10,30 %	\$5,17

Fuente: Elaboración Propia.

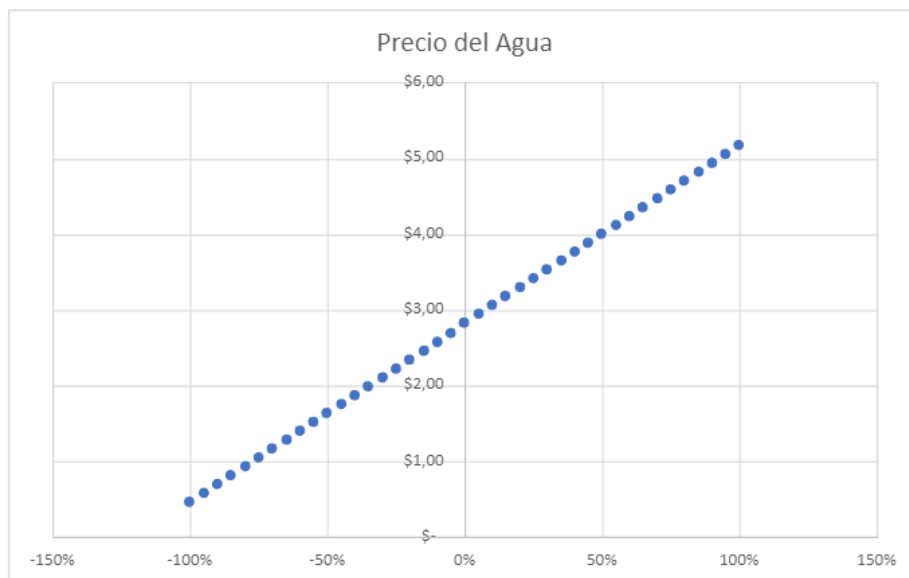


Figura 12.1: Gráfico Precio del Agua para sensibilización del tipo de cambio USD/UF

Fuente: Elaboración Propia.

12.2. Porcentaje de subsidio a la inversión inicial

Tabla 12.2: Sensibilización del porcentaje de subsidio.

% Subsidio	VAN	TIR	Precio del Agua USD
0 %	\$0,00	10,30 %	\$2,82
5 %	\$0,00	10,30 %	\$2,76
10 %	\$0,00	10,30 %	\$2,71
15 %	\$0,00	10,30 %	\$2,65
20 %	\$0,00	10,30 %	\$2,59
25 %	\$0,00	10,30 %	\$2,54
30 %	\$0,00	10,30 %	\$2,48
35 %	\$0,00	10,30 %	\$2,43
40 %	\$0,00	10,30 %	\$2,37
45 %	\$0,00	10,30 %	\$2,31
50 %	\$0,00	10,30 %	\$2,26
55 %	\$0,00	10,30 %	\$2,20
60 %	\$0,00	10,30 %	\$2,15
65 %	\$0,00	10,30 %	\$2,10

% Subsidio	VAN	TIR	Precio del Agua USD
70 %	\$0,00	10,30 %	\$2,05
75 %	\$0,00	10,30 %	\$2,00
80 %	\$0,00	10,30 %	\$1,95
85 %	\$0,00	10,30 %	\$1,91
90 %	\$0,00	10,30 %	\$1,86
95 %	\$0,00	10,30 %	\$1,82
100 %	\$0,00	10,30 %	\$1,78

Fuente: Elaboración Propia.

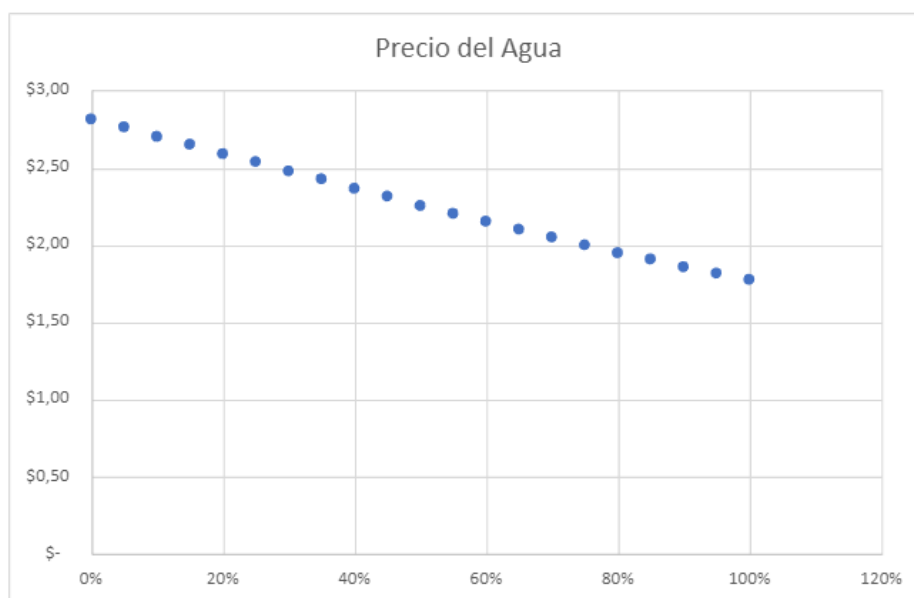


Figura 12.2: Gráfico Precio del Agua para sensibilización del porcentaje de subsidio.

Fuente: Elaboración Propia.

12.3. Análisis de Resultados y Conclusiones

12.3.1. Tipo de Cambio USD/UF

A partir de los resultados obtenidos, se desprende que para cualquier variación del tipo de cambio USD/UF, entre 100 % y -100 %, se logra que el proyecto sea factible con

un VAN igual cero y con un precio del metro cubico de agua que ronda entre \$5,17 USD y \$0,46 USD. Cualquiera de estos valores vence los precios ofrecidos por los camiones aljibes en Petorca, por lo cual, factores como inflación o tipo de cambio a dolar americano, no deberían ser impedimentos para la factibilidad del proyecto.

12.3.2. Porcentaje de subsidio a la inversión inicial

Considerando el rol subsidiario del estado en cuanto a la inversión inicial, se obtiene que al subsidiar un 50 % de la inversión inicial la tarifa del metro cubico de agua desciende desde \$2,82 USD a \$2,26 USD, por otro lado, la tarifa del agua alcanza los \$2,00 USD si se subsidia un 75 % de la inversión inicial, finalmente, si se subsidia un 100 % de la inversión inicial, el precio del metro cubico alcanza un valor de \$1,78 USD.

Cualquier posición que tome el estado en cuanto al subsidio de la inversión inicial del proyecto logra un VAN igual a cero y mejora la situación sin subsidio, permitiendo que la población de Petorca acceda a este recurso básico a un precio mas accesible que el precio ofrecido por los camiones aljibes.

13 | Conclusiones y Recomendaciones

A lo largo de esta memoria, se ha dado a conocer el la situación hídrica tanto del mundo como en Chile, donde, según la ONU, solo un tercio de las personas del mundo no tienen acceso al agua potable, mientras que aproximadamente 3.600 millones de personas viven en zonas que podrían sufrir escasez de agua al menos un mes al año.

Bajo la misma línea, la situación en Chile no difiere de la situación mundial, donde según el censo nacional de 2017, 383.204 viviendas no cuentan con servicios de agua Potable. Además de esto, la escasez de lluvias en la zona central del país, junto con la mala administración y fiscalización de los derechos de agua otorgados, han originado una mega sequía en dicha zona.

Petorca ha sido la comuna insigne de la escasez hídrica y la sequía en Chile, dado que sus cuencas de agua disponibles dependen exclusivamente del nivel de lluvias, lo cual con la mega sequía existente se ven disminuidas, tanto así que al año 2020 un 35 % de los habitantes de la comuna son suministrados de agua potable exclusivamente por camiones aljibes, los cuales tienen un precio de \$10.040 CLP por metro cúbico.

Por otro lado, las empresas mineras en el norte de Chile, sienten los estragos de la escasez hídrica inherente del desierto, es por esto que han visto una solución en la desalinización del agua de mar y transportar esta agua desalinizada hasta los campamentos mineros.

El agua debe pasar por ciertos procesos para que sea potable, según la fuente y la calidad del agua, estos pasos en general son captación, desbaste, tamizado, desarenado, coagulación-floculación, decantación, filtración, desinfección, transporte y almacenamiento.

Una planta desalinizadora que funciona vía ósmosis inversa permite que el agua de mar pase por los pasos mencionados anteriormente a través de una serie de filtros que eliminen los contaminantes, para después pasar por una serie de membranas que eliminan la mayor parte de las sales presentes en el agua de mar, volviendo potable el agua de mar.

En base a esto se identifica la oportunidad de evaluar un proyecto que consiste en la instalación de una planta desalinizadora que funcione mediante ósmosis inversa, que suministre de agua potable a la comuna de Petorca. Para realizar esta evaluación se consideran los estudios de mercado, técnico, legal, tributario, organizacional, ambiental y económico.

El estudio de mercado permitió identificar en primera instancia el crecimiento de la población de Petorca hasta el año 2042, la cual resultó ser de 10.389 habitantes a dicho año.

Para calcular la demanda de agua potable a lo largo del horizonte de evaluación, además de usar el factor de la población, se utilizó el factor de peak del consumo de agua que se da en verano, el cual resultó ser de 29 % por sobre el promedio, por lo cual considerando un consumo de 200 litros por persona y que se abastecerá al 50 % de la población, se obtuvo la demanda a través de los años, logrando un máximo al año 2042 de 1.341 metros cúbicos diarios.

Por otro lado, también se calculó la oferta de agua al año 2042 de camiones aljibes, los cuales suministran 100 litros diarios por habitante. Además, considerando que al 2042 la cantidad de personas suministradas exclusivamente por camiones aljibes pasará de 35 % a 50 %, la oferta de agua al 2042 llega a un máximo de 550 metros cúbicos diarios.

Una vez definida tanto la oferta como la demanda, se calcula la brecha entre ambas,

resultando en 791 metros cúbicos de los cuales el proyecto debería cubrir cierta cuota de esta brecha, sin embargo se opta por cubrir la demanda completa de 1.341 metros cúbicos, dado el alto costo del metro cubico de agua otorgado por los camiones aljibes.

Al realizar el estudio técnico del proyecto, se determinó que se necesita de una planta de ósmosis inversa capaz de generar 1.500 metros cúbicos de agua producto diarios, dos estaciones de bombeo, dos estanques de almacenamiento (uno para cada estación de bombeo), una estación de succión, una estación de descarga y un sistema de tuberías que conecten la planta con la ciudad de Petorca.

Dentro de este estudio, se determinó además, que la planta de ósmosis junto con la estación de bombeo 1 y su estanque correspondiente, serán localizados en la zona costera de la provincia de Petorca cercano a las dunas de Longotoma, la segunda estación de bombeo será localizada en la localidad de Artificio, y las tuberías que conectan la planta, la estación de bombeo 2 y Petorca, serán ubicadas a lo largo del cauce del río Petorca.

Finalmente, el estudio técnico permitió obtener el monto de la inversión inicial en maquinarias y obras físicas, siendo este de \$3.193.369,73 USD, mientras que los costos mas relevantes para este proyecto son los de gasto de electricidad por las maquinarias, los cuales ascienden a \$841.506.983 CLP en el año 2042.

Respecto al marco legal, se deben considerar todas las leyes mencionadas, pero se destacan aquellas que afectan de manera directa al proyecto, siendo estas el D.F.L 340 sobre las concesiones marítimas y el D.F.L 70 el cual establece las condiciones para calcular las tarifas de la distribución de agua potable, donde estas condiciones son que el VAN del proyecto sea igual a cero, que el horizonte de evaluación sea mayor a 15 años y que la tasa de descuento sea equivalente a los retornos de los bonos del Banco Central más un porcentaje entre 3% y 3,5\$.

En materia tributaria, para este proyecto es importante considerar el Impuesto a la

Renta de Primera Categoría (Decreto de Ley N° 824). Se deberá considerar que la empresa tendrá que pagar impuestos con una tasa impositiva del 27% en caso de tener utilidades. También se deberá considerar el IVA, el cual es de un 19%.

En cuanto a la organización para llevar a cabo este proyecto, el tipo de sociedad indicada para realizar este proyecto es la Sociedad Anónima, puesto que se opta por hacer un símil a las empresas sanitarias existentes en el país, las cuales son S.A.

Por otro lado, la fuerza laboral que debe llevar a cabo este proyecto serán 11 personas, un gerente de operaciones, un contador auditor, un abogado, dos supervisor de operaciones y seis operadores.

Al realizar el estudio ambiental se concluye que se deben cumplir con todas las leyes relacionadas al medioambiente, siendo las más, la ley 19.300 que entrega bases generales para garantizar un medioambiente libre de contaminación y el decreto 90 el cual establece los límites de contaminantes dentro y fuera de la zona de protección literal, en donde el agua de rechazo producida por la ósmosis cumple con estos límites tanto dentro como fuera de dicha zona.

Dentro de la ley 19.300 se establece que ciertos proyectos requieren un Estudio de Impacto Ambiental mientras que otros una Declaración de Impacto Ambiental, en el caso del presente proyecto se requiere un Estudio de Impacto Ambiental.

Al realizar el estudio económico para el presente proyecto se obtiene un VAN \$0, una TIR de 10,30%, un Payback de 20 años y un precio del agua de \$2,82 USD por metro cubico, logrando cumplir con lo establecido en la ley y además mejorando el precio por metro cubico que cobran los camiones aljibes.

De igual forma se realizan dos sensibilizaciones al proyecto, para así ver como cambian los indicadores frente a modificaciones en ciertas variables, siendo estas variables, el tipo de

cambio UF/USD y el porcentaje de subsidio a la inversión inicial, variando entre -100 % y +100 % la primera variable y entre 0 % y 100 % la segunda.

De esto se obtiene que a un menor tipo de cambio, menor es el precio del metro cubico de agua, y a un mayor tipo de cambio mayor es el precio del metro cubico, llegando hasta \$0,76 USD y \$5,17 USD respectivamente, sin embargo ninguno de estos valores supera los 10.040 CLP de los camiones aljibes, por lo cual la inflación o el tipo de cambio no debería alterar la factibilidad de este proyecto.

Por otro lado, se tiene que a mayor nivel de subsidio a la inversión, menor es el precio del metro cubico, llegando hasta \$1,78 USD. Para esta sensibilización, cualquiera que sea el subsidio a la inversión, el precio del metro cubico disminuye.

En base a lo anterior, se puede concluir que este proyecto además de ser prefactible en base a los estudios de mercado, técnico, legal, tributario, organizacional, ambiental y económico, mejora notablemente el precio del metro cubico de agua en la comuna de Petorca, pasando de \$10.040 CLP a tan solo \$2,82 USD en el caso base sin considerar la sensibilizaciones.

En cuanto a recomendaciones, para el presente proyecto se recomienda que se mantenga un monitoreo constante a la calidad de todas las aguas generadas por este proyecto, tanto el agua de rechazo como el agua producto, con la finalidad de que se mantenga un nivel de servicio excelente que no perjudique la calidad de la vida de las personas.

Otra recomendación para el presente proyecto es que se investigue constantemente en nuevas tecnologías complementarias a la ósmosis, por ejemplo opciones mas económicas para almacenar el agua, nuevos recuperadores de energía, nuevas bombas de alta presión, entre otros, para así lograr estar a la vanguardia en cuanto a la tecnología, lo cual al ser implementado podría reducir el precio del metro cubico de agua.

Además, se recomienda que durante el desarrollo del horizonte de evaluación del proyecto se evalúe la criticidad de la cantidad de operadores, verificando si la cantidad planteada en este estudio de prefactibilidad es la idónea, puesto que dada la simpleza de la ósmosis y la automatización inherente de las maquinas involucradas en el proceso, se podría necesitar de una menor cantidad de personas.

Finalmente, considerando los resultados obtenidos por la sensibilización, se recomienda que el estado invierta en políticas públicas con soluciones de este tipo para hacer frente a la sequía, por sobre soluciones como los camiones aljibes.

Referencias

- Abogados del Maule (s.f.). *Costos de construir una sociedad en Chile*. <https://www.abogadosdelmaule.cl/costos-constitucion-sociedades/> (Consultado el 02 de Agosto de 2022).
- Acosta, M. B. (15 de Abril de 2020). *Desalinización: qué es y tipos*. <https://www.ecologiaverde.com/desalinizacion-que-es-y-tipos-2689.html>
- Arias, J. (2013). El origen del estado en mesopotamia y egipto.
- Banco Mundial (2021). *Población Total*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- Barros, E. (2005). *Sentido y métodos de la codificación en el derecho*. https://derecho.udp.cl/wp-content/uploads/2016/08/sentidos_metodos_codificacion_Derecho_Enriquebarros.pdf
- BBVA (2 de Noviembre 2021). *Causas de la escasez de agua*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/causas-de-la-escasez-de-agua/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (8 de Septiembre de 2021). *Decreto 151 declara zona de escasez a la provincia de Petorca, región de Valparaíso*. <http://bcn.cl/2soh2>

- Carbotecnia (25 de Noviembre de 2021). *¿Qué es la ósmosis inversa?* <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>
- Casero, D. (2007). Abastecimientos y saneamientos urbanos: Potabilización del agua. *Madrid: EOI Escuela de Negocios.*
- Chile Atiende (s.f.). *Otorgamiento de una concesión marítima.* <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/56216-otorgamiento-de-una-concesion-maritima> (Consultado el 03 de Octubre de 2022).
- CNN (3 de Julio 2021). *Las plantas desaladoras contra la crisis del agua: Una solución vital para la eficiencia hídrica.* https://www.cnnchile.com/m360/eficiencia-hidrica-minera-plantas-desaladoras_20210703/
- Codelco (s.f.). *Proyecto agua desalada Distrito Norte - Calama.* https://www.codelco.com/proyecto-agua-desalada-distrito-norte-calama/prontus_codelco/2019-11-11/114320.html (Consultado el 19 de Mayo de 2022).
- Costa, G. (5 de Marzo de 2019). *Ósmosis ¿qué es y qué función tiene?* <https://cienciaybiologia.com/osmosis/>
- Dirección del Trabajo (s.f.). *Acerca de la DT.* <https://www.dt.gob.cl/portal/1626/w3-propertyvalue-81298.html> (Consultado el 17 de Agosto de 2022).
- Dévora-Isiordia, G. E., González-Enríquez, R., y Ruiz-Cruz, S. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 4:27 – 46.
- Escenarios Hídricos 2030 (2019). *Transición hídrica: El futuro del agua en Chile.* <https://escenarioshidricos.cl/publicacion/transicion-hidrica-el-futuro-del-agua-en-chile/>

- ESVAL (s.f.). *Producción de agua potable*. <https://www.esval.cl/personas/agua-y-comunidad/proceso-del-agua/el-proceso-del-agua/agua-potable/> (Consultado el 29 de Noviembre de 2021).
- FAO (2020). *Día Mundial del Agua*. <https://www.fao.org/land-water/events/wwd2020/es/>
- Fragkou, M.-C., Monsalve-Tapia, T., Pereira-Roa, V., y Bolados-Arratia, M. (2022). Abastecimiento de agua potable por camiones aljibe durante la megasequía. Un análisis hidrosocial de la provincia de Petorca, Chile. *EURE*, 48(145).
- Fundación Aquae (s.f.). *Métodos de desalinización*. <https://www.fundacionaquae.org/metodos-de-desalinizacion/> (Consultado el 12 de Diciembre de 2021).
- Fundación Aquae (s.f.). *¿Cómo se distribuye el agua dulce y salada?* <https://www.fundacionaquae.org/agua-dulce-salada/> (Consultado el 28 de Noviembre de 2021).
- Gallegos, M. (2016). *Metodología para determinar el ancho de la Zona de Protección Litoral (ZPL)*. (Memoria de pregrado), Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile.
- Gobernación Provincia de Petorca (s.f.). *Ubicación geográfica*. <http://www.gobernacionpetorca.gov.cl/geografia/> (Consultado el 29 de Noviembre de 2021).
- Google Earth (2022). *Distancia entre el mar y Petorca*. <https://earth.google.com/web/search/Petorca/@-32.24488769,-71.07730376,1360.89115035a,102211.78617815d,35y,1.59075976h,0t,0r/data=CigiJgokCdmXHN4a6DbAEf4Lk2oXZjfAGVRDnZaUe1HAIb36H0uWxlHA>
- Instituto Nacional de Derechos Humanos (24 de Marzo de 2021). *Corte Suprema revoca fallo y fija un mínimo de 100 litros de agua por persona al día para Petorca*. <https://www.indh.cl/corte-suprema-revoca-fallo-y-fija-un-minimo-de-100-litros-de-agua-por-persona-al-dia-para-petorca/>

- Instituto Nacional de Estadísticas (2018). *Síntesis de resultados Censo 2017*. <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas (s.f.). *Redatam Censo de Población y Vivienda 2002*. <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/informacion-historica-censo-de-poblacion-y-vivienda> (Consultado el 19 de Abril de 2022).
- Instituto Nacional de Normalización (2005). *Agua potable - Parte 1 - Requisitos*. <https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf>
- Istúriz, D. (2019). *¿Cómo se obtiene el agua en Chile? La Tercera*. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/se-obtiene-agua-chile/758004/>
- Kadaj, E. y Bosleman, R. (2018). Chapter 11 - energy recovery devices in membrane desalination processes. En Gude, V. G., editor, *Renewable Energy Powered Desalination Handbook*, pp. 415–444. Butterworth-Heinemann.
- Krah (s.f.). *HDPE: Beneficios De Un Indiscutido Ganador En Tuberías*. <https://www.krah.cl/hdpe-beneficios/> (Consultado el 13 de Junio de 2022).
- LG Water Solutions (s.f.). *Q+ Projection Software*. <https://www.lgwatersolutions.com/en/tools/software> (Consultado el 4 de Junio de 2022).
- Ministerio de Bienes Nacionales (s.f.). *Concesión Gratuita de Largo Plazo*. https://www.bienesnacionales.cl/?page_id=29684 (Consultado el 03 de Octubre de 2022).
- Ministerio de Obras Públicas (s.f.). *Historia del Programa de Agua Potable Rural*. <http://www.doh.cl/APR/AcercadeAPR/Paginas/Historia.aspx> (Consultado el 13 de Diciembre de 2021).
- Ministerio de Obras Públicas (s.f.). *Tríptico historia APR 2019*. <http://www.doh.cl/APR>


- /Materiales/Triptico%20Historia%20APR%202019act.pdf (Consultado el 13 de Diciembre de 2021).
- MisAbogados (2021). *Tipos de sociedades para crear una empresa en Chile*. <https://www.misabogados.com/guia-de-tipos-de-sociedades-para-crear-una-empresa-en-chile>
- Mundaca, R. (2020). *Tercer Informe, Segunda Etapa Mesa Regional Del Agua: El Covid 19 En El Epicentro Nacional De La Violación Del Derecho Humano Al Agua*. <https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=transparencia&ac=doctoInformeAsesoría&id=14302>
- Muñoz, A. A., Klock-Barría, K., Alvarez-Garretón, C., Aguilera-Betti, I., González-Reyes, Á., Lastra, J. A., Chávez, R. O., Barría, P., Christie, D., Rojas-Badilla, M., y Lequesne, C. (2020). Water crisis in petorca basin, Chile: The combined effects of a mega-drought and water management. *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030648>
- Organización Mundial de la Salud (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- Pure Aqua (s.f.). *Sistema Ósmosis Inversa en Contenedor*. <https://es.pureaqua.com/sistemas-osmosis-inversa-en-contenedor/> (Consultado el 05 de Mayo de 2022).
- Pure Aqua, I. (s.f.). *¿Qué es la ósmosis inversa?* <https://es.pureaqua.com/que-es-la-osmosis-inversa/> (Consultado el 03 de Mayo de 2022).
- Real Academia Española (s.f.). Hidrosfera. En *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/hidrosfera> (Consultado el 28 de Noviembre de 2021).
- Reiff, F. y Salas, H. (1990). Emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad (hdpe). Technical report, CEPIS/HPE/OPS.

- Sapag, N. y Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (5ta ed.). McGraw Hill.
- Sea temperature info (s.f.). *Temperatura del agua en Papudo*. <https://seatemperature.info/es/papudo-temperatura-del-agua-del-mar.html> (Consultado el 4 de Junio de 2022).
- Servicio de Evaluación Ambiental (s.f.). *Misión*. <https://www.sea.gob.cl/sea/mision> (Consultado el 18 de Agosto de 2022).
- Servicio de Evaluación Ambiental (s.f.). *¿Quiénes somos?* <https://www.sea.gob.cl/sea/quienes-somos> (Consultado el 18 de Agosto de 2022).
- Servicio de Impuestos Internos (12 de Febrero de 2015). *Misión, Visión y Valores del SII*. https://www.sii.cl/sobre_el_sii/acerca/mision.htm
- Servicio de Impuestos Internos (s.f.). *Todos los códigos de actividad económica*. https://www.sii.cl/ayudas/ayudas_por_servicios/1956-codigos-1959.html#5 (Consultado el 19 de Agosto de 2022).
- Servicio Nacional de Turismo (2008). *Turismo, Informe anual 2007*. <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2018/09/Turismo-Informe-Anual-2007.pdf>
- SpaceWise (s.f.). *Contenedor 40' Bodega*. <https://www.spacewise.cl/producto/contenedor-40-bodega/> (Consultado el 5 de Junio de 2022).
- Subsecretaría Para Las Fuerzas Armadas (s.f.). *Concesiones Marítimas*. <https://www.ssffaa.cl/asuntos-maritimos/concesiones-maritimas-2/> (Consultado el 03 de Octubre de 2022).
- Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (s.f.). *Misión*. <https://www.ssffaa.cl/mision/> (Consultado el 18 de Agosto de 2022).

- Superintendencia de Servicios Sanitarios (13 de Julio de 2009). *SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país*. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7663.html>
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (s.f.). *Misión, visión, valores*. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6314.html> (Consultado el 17 de Agosto de 2022).
- Unicef (Junio, 2019). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene, 2000-2017*. <https://data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/#>
- Valdivieso, A. (s.f.). *¿Qué es la ósmosis inversa?* <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-osmosis-inversa> (Consultado el 13 de Diciembre de 2021).
- White, F. (2008). *Mecánica de fluidos* (6ta ed.). McGraw Hill.
- World Resources Institute (s.f.). *Aqueduct Water Risk Atlas*. <https://www.wri.org/aqueduct> (Consultado el 06 de Noviembre de 2021).
- Zúñiga, F. (2017). *Análisis de factibilidad de una planta desalinizadora en la localidad de Los Molles, provincia de Petorca*. (Memoria de pregrado), Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.

A | Anexo

A.1. Cotización planta de ósmosis inversa



Guangzhou Kai Yuan Water Treatment Equipment Co., Ltd

Address: 1 floor, C building, De hui wang gang science park, Industrial 3 road, Jia he wang gang, Bai yun District, Guangzhou, Guangdong, China
 Contact : Zoe Chen
 Contact number : 86-13711203220

Tel Number: 86-020-81798225
 Fax Number: 86-020-81994735
 E-mail: kywater01@aliyun.com

50M3/H water desalination system Quotation

To: carlos martinez
 Email:
 Tel:

From: Zoe chen
 Date: 18th, Jan, 2022
 No. E3525

Device configuration table						
Item No.	Equipment Name	Place of origin	Quantity	EXW Unit Price (USD/SET)	FOB Guangzhou Unit Price (USD/SET)	Size(MM)
1	Raw water pump SZ100-60-200 Anti-corrosion type	CNP	1set	US\$461,990	US\$463,490	
	A.Flow: 125.0m ³ / H, Head: 40m, K = 30.0kw B.include: Inlet/outlet water valve, pipe etc.U-PVC DN100		1 batch			
2	Disk filter 70-80m³/h	KAI YUAN	1set			
	A.function:Continuous operation, automatic flushing B. Filtration accuracy: 50µm					

Figura A.1: Cotización planta de ósmosis inversa

Fuente: Guangzhou Kai Yuan Water Treatment Equipment Co., Ltd.

A.2. Especificaciones técnicas planta de ósmosis inversa cotizada

<p>A. The quotation process and equipment is meet client's requirements as following:</p> <ol style="list-style-type: none">1.Raw water quality:sea water2.Output water application:human consumption3.Sea water deslination system product water:50T/H (water production basis on water temperature 25°C).4.Sea water deslination output water TDS: $\leq 350\text{ppm}$ (local raw water TDS $\leq 35000\text{ppm}$; desalination rate $\geq 97\%$).
<p>B. the system is for the outside request:</p> <ol style="list-style-type: none">(1) water flow: running water $\geq 125.0\text{m}^3 / \text{h}$(2) recoil water: about $125.0 \text{ m}^3 / \text{h}$(3) Power supply: 380V/3ph/50HZ(4) total power capacity about: 160.0KW

Figura A.2: Especificaciones técnicas planta de ósmosis inversa cotizada

Fuente: Guangzhou Kai Yuan Water Treatment Equipment Co., Ltd.

A.3. Cotización bomba multietapa (350 metros).

SALES PERSON		JOB	SHIPPING METHOD	SHIPMENT TERMS	DELIVERY TIME	PAYMENT TERM	PACKAGE
Jenny Lee		Sales Manager	By Sea	FOBTianjin	15 working days after receive 50% deposit	50%T/T as deposit,50%T/T before shipment.	Plywood Case
No.	Specification		Qty	Unit Price	Unit Price(USD)		
1	Horizontal Multistage Pump Model: D85-45x8A Pump Capacity: 65m3/h Pump Head: 350m Speed: 2950rpm NPSHr: 4m Pump Inlet and Outlet: DN100 Pump Material: Cast iron		1	US\$2,321	US\$2,321		
	Electric Motor 132kw/2 Pole, IE3, IP55, F class 50hz 380v 3 phase		1	US\$4,664	US\$4,664		
	Installation Accessories Common Base, Coupling, Safe Guard		1	US\$524	US\$524		

Figura A.3: Cotización bomba multietapa (350 metros).

Fuente: Milestone Pump Company.

A.4. Cotización bomba multietapa (300 metros).

2	Horizontal Multistage Pump Model: D85-45x7A Pump Capacity: 65m ³ /h Pump Head: 300m Speed: 2950rpm NPSHr: 4m Pump Inlet and Outlet: DN100 Pump Material: Cast iron	1	US\$2,164	US\$2,164
	Electric Motor 110kw/2 Pole, IE3, IP55, F class 50hz 380v 3 phase	1	US\$4,421	US\$4,421
	Installation Accessories Common Base, Coupling, Safe Guard	1	US\$437	US\$437

Figura A.4: Cotización bomba multietapa (300 metros).

Fuente: Milestone Pump Company.