UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
Valparaíso – Chile

“DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA UN USO ÓPTIMO Y EFICIENTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”

CRISTIAN HARUO MIMURA MONTERO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA: ING. RENÉ VALDENEGRO OYANEDER

PROFESOR CO-REFERENTE: DR. ING. PEDRO SARIEGO PASTÉN

MAYO - 2018

Contenido

Agradecimientos 7
Resumen Ejecutivo 8
Abstract 9
I. Introducción 10
Mirada Global 10
Escenario Nacional 11
II. Motivación 13
III. Objetivos 13
Objetivo General 13
Objetivos Específicos 13
IV. Chile y sus aguas 14
Balance Hídrico 14
Disponibilidad de Agua Superficial 16
Disponibilidad de Agua Subterránea 16
Distribución de los Usos Consuntivos del Agua 17
V. Análisis territorial 18
Ámbito político y administrativo 18
Ámbito físico Ambiental 19
Geomorfología 19
Geología 20
Riesgos Naturales 20
Clima 21
Hidrografía 22
Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) 28
Vulnerabilidad de los Recursos Naturales 31
Ámbito Socio-Demográfico y Cultural 31
Distribución de la población 31
Índice de desarrollo humano 33
Ámbito Económico y Productivo 33
Producto Interno Bruto (PIB) Regional 33
Comportamiento del Índice de Actividad Económica Regional (INACER) 35
Estructura ocupacional y Productiva 36

Principales Actividades Económicas 37
VI. Gestión del Recurso Hídrico 40
Infraestructura Hidrométrica 40
Sistema de Información de Recursos Hídricos 42
Certeza Jurídica – Perfeccionamiento de Título 42
Situación de Productos Estratégicos de la Dirección General de Aguas (DGA) 42
Fiscalización 43
Resolución de Expedientes asociados a Otorgamiento y Ejercicio de Derechos Aprovechamiento de Aguas 43
Pronunciamientos Ambientales 44
Situación de los Recursos Hídricos respecto a la Disponibilidad 44
Diagnóstico de la Demanda 44
Análisis Oferta – Demanda 45
VII. Determinación de Brechas 46
Brechas de infraestructura y de Gestión Hídrica por Ejes de Desarrollo 46
Eje Hídrico 46
VIII. Gestión de Riesgos 49
1.- Objeto 51
2.- Marco de Referencia 51
2.1.- Dirección y Compromiso 52
2.2.- Diseño del marco de referencia para la gestión del riesgo 53
2.2.1.- Entender a la organización y su contexto 53
2.2.2.- Establecer la política para la gestión del riesgo 54
2.2.3.- Rendición de cuentas 54
2.2.4.- Integración de los procesos de la organización 54
2.2.5.- Recursos 55
2.2.6.- Mecanismos para la comunicación interna y la presentación de informes 55
2.2.7.- Mecanismos para la comunicación externa y la presentación de informes 55
2.3.- Implementar la Gestión de Riesgos 55
2.3.1.- Implementar el marco de referencia para gestionar el riesgo 55
2.3.2.- Implementar el proceso para la gestión del riesgo 56
2.3.3.- Monitorear y Revisar el Marco de Referencia 56
2.4.- Mejora continua del Marco de Referencia 56

3.- Proceso 56
3.1.- Generalidades 56
3.2.- Comunicación y Consulta 56
3.3.- Establecimiento del Contexto 57
3.3.1.-Generalidades 57
3.3.2.- Establecer el contexto 57
3.3.3.- Establecer el contexto del proceso para la gestión de riesgo 57
3.3.4.- Definir los criterios del riesgo 57
3.4.- Valoración del riesgo 58
3.4.1.- Generalidades 58
3.4.2.- Identificación del riesgo 58
3.4.3.- Análisis del riesgo 60
3.4.4.- Evaluación del riesgo 60
3.5.- Tratamiento del riesgo 61
3.5.1.- Generalidades 61
3.5.2.- Selección de las opciones para el tratamiento del riesgo 61
Tecnologías para el tratamiento del riesgo 61
Desalinizadoras en Chile 77
Sustentabilidad y uso de energías limpias 78
Uso de energía solar 78
Uso de energía geotérmica en Medio Oriente 79
Uso de energía eólica 79
3.5.2.- Preparación e implementación de los planes para el tratamiento de riesgo 79
3.6.-Monitoreo y revisión 80
3.7.-Registro del proceso para la gestión del riesgo 80
IX. Diagrama de Ishikawa 81
X. Análisis FODA 82
XI. Conclusiones 83
Bibliografía 85

Índice de Tablas

Ilustración 1: Volumen de precipitaciones promedio [1]. 11
Ilustración 2: Disponibilidad de agua por habitante según región [2]. 11
Ilustración 3: Gráfico de Demanda y Oferta [2]. 12
Ilustración 4: Balance hídrico. 14
Ilustración 5: Proyección a Futuro del Agua en Chile [1]. 15
Ilustración 6: Distribución del Agua [2]. 17
Ilustración 7: Mapa político administrativo . 19
Ilustración 8: Mapa físico. 20
Ilustración 9: Mapa riesgos naturales. 21
Ilustración 10: Mapa aguas superficiales. 22
Ilustración 11: Clasificación de relieves. 23
Ilustración 12: Cuencas. 23
Ilustración 13: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso. 26
Ilustración 14: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso. 27
Ilustración 15: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso. 28
Ilustración 16: Áreas protegidas. 29
Ilustración 17: Mapa áreas protegidas continentales. 29
Ilustración 18: Reserva de la biósfera. 30
Ilustración 19: Mapa vulnerabilidades. 31
Ilustración 20: Distribución de la población. 32
Ilustración 21: Índice de desarrollo humano. 33
Ilustración 22: Aporte al PIB y al Empleo Sectores Piorizados del Gobierno Regional (en porcentaje). 34
Ilustración 23: Proyección de las tasas de crecimiento del PIB regional 2010-2020. 35
Ilustración 24: INACER 2009- Junio 2012. 35
Ilustración 25: Evolución de .a fuerza de trabajo y ocupados 2010-2011. 36
Ilustración 26: Superficies frutales. 37
Ilustración 27: Localización actividad logística. 38
Ilustración 28: Producción Andina. 39
Ilustración 29: Mapa Vocaciones Productivas. 40
Ilustración 30: Estaciones de monitoreo vigentes DGA. 41
Ilustración 31: Estaciones vigentes de la red Hidrometeorológica de la región de Valparaíso. 41
Ilustración 32: Fiscalizaciones. 43
Ilustración 33: Resolución Expedientes. 43
Ilustración 34: Pronunciamientos ambientales. 44
Ilustración 35: Demandas de agua por uso - Situación actual y futura. 44
Ilustración 36: Disponibilidad derechos permanentes a cierre de cuencas [m3/s]. 47
Ilustración 37: Disponibilidad derechos eventuales a cierre de cuencas [m3/s]. 47
Ilustración 38: Brechas de la infraestructura de Recursos Hídricos. 48
Ilustración 39: Brechas de Gestión Hídrica. 48
Ilustración 40: Relaciones entre los principios, el marco de referencia y los procesos para la gestión del riesgo [4] 50

Ilustración 41: Relación entre los componentes del marco de referencia para la gestión del riesgo [4] 52
Ilustración 42: esquema de ósmosis natural y ósmosis inversa. [8] 62
Ilustración 43: esquema configuración plato-marco. [8] 63
Ilustración 44: esquema configuración fibra hueca. [8] 64
Ilustración 45: Componentes de un elemento de ósmosis inversa de arrollamiento en espiral.[8] ... 65
Ilustración 46: Modelo de Solución-Difusión. [8] 65
Ilustración 47: Esquema de balance de materia. El rectángulo expresa la planta en conjunto. [8] ... 67
Ilustración 48: Esquema general de una pequeña desaladora industrial de agua marina (2.500 m3/día)[8] 68
Ilustración 49: Esquema básico de un sistema de membranas. [8] 68
Ilustración 50: Aspecto de los armazones con las cajas de presión. 69
Ilustración 51: Diseño en una etapa. [8] 69
Ilustración 52: Diseño en dos etapas 70
Ilustración 53: Diseño de tres etapas. [8] 71
Ilustración 54: Diseño de planta de dos pasos. [8] 71
Ilustración 55: Esquema del proceso de electrodiálisis. [8] 73
Ilustración 56: pila de electrodiálisis. [8] 74
Ilustración 57: Diagrama de funcionamiento de la electrodiálisis reversible. [8] 76
Ilustración 58: Proyectos plantas desalinizadoras en proyecto y operación en el norte de Chile. [10] 78

Agradecimientos

Agradezco a mi profesor guía por su buena voluntad, disposición y ardua labor en este trabajo. A mis amigos de mecánica que siempre fueron muy buenos compañeros y un gran apoyo.

Agradezco infinitamente a mi familia, que siempre estuvo incondicionalmente, que me dio la oportunidad de estudiar y que siempre me levantó las veces que lo necesité, sin ustedes no podría haber logrado absolutamente nada.

Agradezco a mis amigos que fueron parte fundamental en toda mi formación profesional, acompañando siempre que lo necesité, entregando buenos momentos y palabras de aliento.

Finalmente, agradezco a toda persona que me aportó durante este largo y difícil camino, las buenas vibras y buenos deseos los sentí en todo momento.

Hoy, soy lo que soy, debido a que me rodee de grandes y buenas personas, con las cuales espero seguir contando el resto de mis días.

Con dedicación a mi amada madre, ni teniendo

mil vidas podría devolver todo lo que me has dado.

Resumen Ejecutivo

Chile es propietario de una gran cantidad de recursos hídricos, los cuales reúnen una serie de características de alto valor desde el punto de vista económico, industrial, medioambiental, turístico, etc. Lamentablemente, por la diversidad climática del país debido a su largo, los recursos hídricos no se encuentran repartidos de forma equitativa, si a eso se le suma la dificultad de acceder al agua, su calidad y su sobrexplotación debido a la agricultura, industrias y uso civil, a futuro generara un gran déficit desde la zona centro hasta el norte del país, en donde la demanda superara por mucho a la oferta, provocando falencias en el sector urbano, industrial, minero y agrícola.

Por esta razón, es que se plantea el "desarrollo de un modelo de gestión para un uso óptimo y eficiente de los recursos hídricos", en donde se pretende contextualizar focos del tipo legal, económico, cultural, etc. En relación al manejo de los recursos hídricos nacionales y principalmente de la región de Valparaíso. Además se desea identificar las problemáticas y falencias respecto a la gestión actual de los recursos hídricos de tal manera de encontrar un plan de mitigación. Hecho lo anterior, la idea principal es desarrollar estrategias, políticas, soluciones y protocolos que permitan un uso eficiente de los recursos hídricos, todo esto, relacionado a la Ingeniería Mecánica.

La forma en la que se pretende el desarrollo de esta memoria es mediante el uso y aplicación de la ISO 31000, la cual señala normas sobre la gestión de riesgos que trabaja mediante la estructura de contextualizar, identificar, analizar, evaluar y tratar el riesgo, complementado con un diagrama de Ishikawa (causa-efecto) que presenta como se relacionan los problemas con sus efectos, un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) el cual relaciona las fortalezas con las oportunidades, lo cual muestra las características que se pueden potenciar de la idea, mientras que las debilidades y amenazas, limitan la idea hasta donde se considera seguro, finalmente, se plantearan y se abrirá camino hacia tecnologías de generación de agua mediante membranas y/o electrodiálisis (no térmicas), en donde se analizaran distintas configuraciones junto a una mirada de autosustentabilidad desde las energías renovables.

Terminada esta memoria, se espera que este trabajo de sea de gran aporte y ayuda para las zonas afectadas por la falta de recursos hídricos y que puedan sobrellevar este problema de mejor manera, para así asegurar un escenario óptimo para el desarrollo del país, las futuras generaciones y el medio ambiente.

Abstract

Chile owns an enormous amount of water resources, which have several high value characteristics according to the point of view of economic, industrial, environmental, tourism sectors. Unfortunately, because of Chile's climate diversity, due to its length, water resources are not distributed equitably. If to this we add the difficult access to water, its quality and the heavy exploitation by agriculture, industries and civil use, the future will bring a big deficit from the central part up to the north of the country. In this area, the available supply will be far exceeded by the demand. This situation will cause lack of water in the urban, industrial, mining and agricultural sectors.

Due to this, "the development of a management model in order to put water resources to the best and effective use" is proposed. This model will gather issues related to law, economics, culture, etc. having in mind the best management of national water resources and, mainly, the ones in Valparaiso. Besides, we also pursue to identify problems and weaknesses of the current management of water resources. The purpose is to develop a mitigation plan. Having done this, the main idea is to develop strategies, policies, solutions and protocols that allow us an efficient use of water resources. The mechanical engineering has the main role to get the desired results.

To develop this project, we have taken into consideration the use and application of ISO 31000 because it sets standards for risk management by working a structure of context, identification, analysis, evaluation and treatment of risk. We have also used the Ishikawua diagram (cause-effect) which relates the problems and their effects. We have conducted a SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) of the project. By relating strengths to opportunities, we found the characteristics that boost the idea. By relating weaknesses and threats, we saw the limits of the idea, having in mind the safety of the plan. Finally, we propose technologies which generate water through membrane and/or electrodialysis (not thermal distillation) which analyze different alternatives together with a focus on selfsustaintability of renewable energies.

The main purpose of this thesis is to help the areas which suffer lack of water resources and solve their problems in an effective way. If we succeed, we will assure the development of the country, the success of future generations and the respect of the environment.

I. Introducción

Mirada Global

La superficie terrestre está compuesta por un 70% de agua, del cual sólo el 3% es agua dulce, si a este valor le agregamos la dificultad de acceso debido a que se encuentra en casquetes y glaciares, este valor baja a tan solo 1%. Este 1% se tiene que distribuir hacia todo el mundo, pero desafortunadamente el recurso hídrico no está repartido uniformemente debido a que depende de las zonas geográficas, climas, etc. Dejando a muchas regiones del mundo sin este recurso fundamental para la vida, el desarrollo de la humanidad y la naturaleza. Desde aquí, ya se puede ver que se necesita de una gestión global de los recursos hídricos desde un punto de vista humano-medioambiental, para que el mundo entero pueda gozar de su beneficio, independiente del lugar en el globo. [1]

A medida que la población ha ido en crecimiento, esto se ha traducido en un aumento de la demanda de alimentos, procesos industriales y principalmente, en usos domésticos, pero desafortunadamente, si se llega el punto en que la demanda de los recursos hídricos son superiores a los suministros que se tienen hoy en día, en algún momento la sobre explotación podría provocar una escasez hídrica crónica. [1]

Si a lo anterior se le suma que el agua dulce disponible, tanto para uso humano y doméstico se ve reducida debido a la existencia de contaminantes. En efecto, unas dos millones de toneladas de descargas de efluentes son arrojadas diariamente en aguas receptoras, en donde se incluyen residuos industriales, químicos, deshechos humanos y agrícolas. [1]

Además no hay que olvidar que el cambio climático al que está sometido el planeta tierra debido al calentamiento global, también ha aportado lo suyo en lo que respecta a materia hídrica, dejando con mucho menos agua de lo que ya tenían ciertas zonas más áridas. [1]

Juntando las ideas, la disminución de agua dulce más el empeoramiento de su calidad, son factores determinantes en la capacidad de abastecimiento y la integridad ecológica de los ecosistemas de ribera para el mundo. [1]

Escenario Nacional

Hoy en día, Chile posee en su territorio 1.251 ríos, los que se emplazan en las 101 cuencas principales existentes en el país. También hay más de 15.000 lagos y lagunas de todo tipo de formas y tamaños que conforman un valorado activo medio ambiental y un invaluable atractivo turístico, además de poseer una buena calidad de agua. [1]

A nivel mundial, Chile podría encontrarse dentro de los "privilegiados" en lo que respecta a recursos hídricos. El volumen de agua que proviene de las precipitaciones que escurre por los cauces es de 53.000 m3 por persona al año, valor el cual es 8 veces la media mundial (6.600 m3/persona/año) y en 25 veces el mínimo (2.000 m3/persona/año) que se requiere para la idea de un desarrollo sostenible (véase ilustración 1). [1]

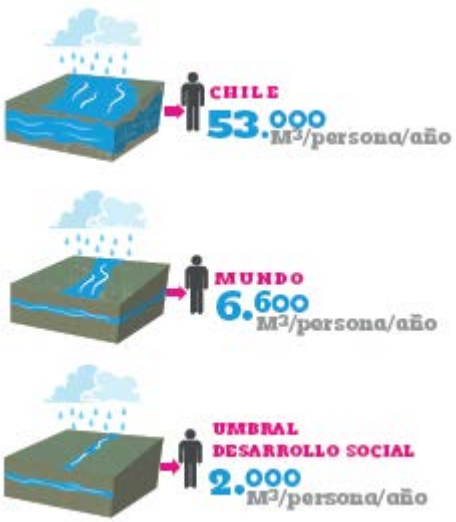
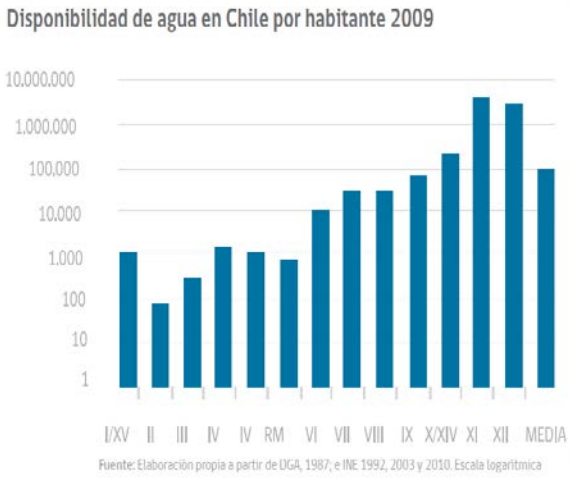


Ilustración 1: Volumen de precipitaciones promedio [1].

Por otro lado, la mitad de Chile posee una disponibilidad de agua subterránea por habitante menor que la mundial. [1]

Los cambios climáticos proyectados sostienen que la temperatura continental en Chile aumentará de 2 a 4 °C y que este cambio será más notorio en los sectores andinos y disminuirá de norte a sur. Este cambio será mayor en verano, estación en los que se podrían alcanzar hasta 5 °C más, provocando un aumento en los ríos debido a la nieve derretida en el sector andino, todo esto se vería concentrado entre la IV y XIV región, las cuales son las de mayor producción agrícola. [1]



Región	m3/per/año
I/XV	854
II	52
III	208
IV	1.020
V	801
RM	525
VI	6.879
VII	23.978
VIII	21.556
IX	49.273
X / XIV	136.207
XI	2.993.585
XII	1.959.036
Media	53.953

Ilustración 2: Disponibilidad de agua por habitante según región [2].

Dada la disponibilidad natural y la demanda hídrica en el país, es posible hacer un balance hídrico, el cual lleva a la conclusión que desde el norte a la región metropolitana, la demanda supera con creces la disponibilidad, dicho esto, cabe destacar que en algunas regiones, la disponibilidad de agua vs la demanda es del 100%. [2]

De no tomarte cartas en el asunto se espera que el escenario sea peor para el 2025, dado que se espera un aumento en la demanda en estas regiones. Por el contrario, desde la región del Libertador Bernardo O'higgins hacia el sur, se supone que existirá disponibilidad suficiente para cubrir la demanda. [2]

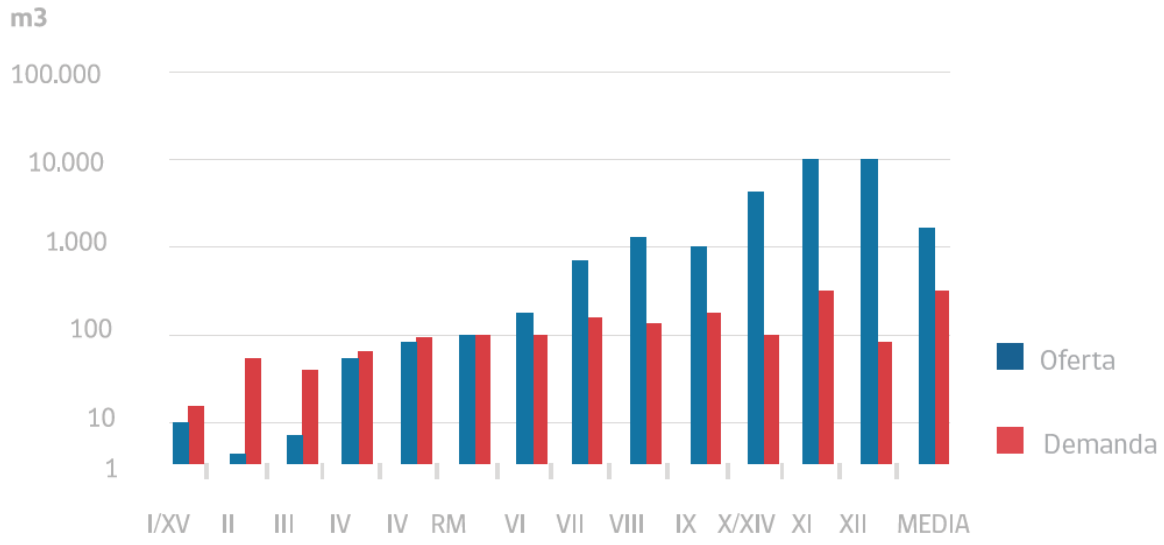


Ilustración 3: Gráfico de Demanda y Oferta [2].

II. Motivación

Dicho todo lo anterior, esta memoria lo que busca es una correcta y eficiente gestión de los recursos hídricos para evitar una escasez hídrica crónica, y por qué no, una mirada más responsable por parte de las personas sobre este tan importante bien.

III. Objetivos

Objetivo General

- Analizar los puntos débiles de los recursos hídricos nacionales en el presente y hacia el futuro para luego proponer un modelo de gestión óptima y eficiente con la integración de distintas perspectivas.

Objetivos Específicos

- Contextualizar lo que respecta a recursos hídricos.
- Realizar un análisis global de los recursos hídricos.
- Identificar las problemáticas y falencias respecto a los recursos hídricos.
- Incorporar perspectivas y focos estratégicos que influyen en la gestión de recursos hídricos.
- Generar una administración estratégica, políticas, protocolos y soluciones para los recursos hídricos.

IV. Chile y sus aguas

Balance Hídrico

En base a la disponibilidad hídrica el País, la dirección general de aguas (DGA) hizo una estimación en 1987 de la realidad del balance hídrico, lo que nos da una clara idea de cómo se comportan los flujos de agua a lo largo de todo el País, destacando que la región con mayor aporte de precipitaciones es la región de Aysén superando 70 veces a lo aportado en la región de Antofagasta. En el balance hídrico también se destaca la relación directa entre la evapotranspiración y precipitación, desde este punto de vista, el norte del país (desde Coquimbo al norte) presenta una relación mayor al 90%, mientras que la zona austral (desde la región de los lagos al sur) a penas presentar una relación menor al 20%. Con lo anterior se puede observar que los factores que inciden en la disponibilidad de agua son de alta variabilidad en el país. [1]

Cuadro 1 **Balance hídrico 1987**

Región	Precipitación		Escorrentía		Evapotranspiración real				Evaporación desde lagos y salares		
					Superficie natural		Superficie regada(1)				
	m³/s	mm	m³/s	mm	m³/s	mm	m³/s	mm	m³/s	mm	
Tarapacá	157	93,6	11,9	7,09	136	81,1	3,64	2,17	4,73	2,82	(2)
Antofagasta	182	44,5	0,93	0,23	156	38,2	1,62	0,40	21,8	5,34	(3)
Atacama	205	82,4	1,88	0,76	194	78,0	3,31	1,33	5,17	2,08	(4)
Coquimbo	281	222	22,2	17,5	237	187	21,6	17,1	1,67	1,32	(5)
Valparaíso	211	434	40,7	83,7	149	306	20,1	41,3			(6)
Metropolitana	335	650	103	200	186	361	30,5	59,2	1,01	1,96	(7)
O'Higgins	508	898	205	32	281	497	15,4	27,2	3,04	5,37	(8)
Maule	1.347	1.377	767	784	536	548	38,4	39,2			(9)
BioBío	2.467	1.766	1.638	1.173	811	581	26,9	19,3			
Araucanía	1.451	2.058	1.041	1.476	406	576			6,00	8,51	
Los Lagos	6.319	2.970	5.155	2.423	1.124	528			44,9	21,1	
Aysén	11.763	3.263	10.134	2.818	1.537	427			64,6	18,0	
Magallanes	11.748	2.713	10.124	2.338	1.604	370			24,7	5,71	
Total Chile	**36.947**	**1.522**	**29.244**	**1.204**	**7.357**	**303**			**178**	**7,33**	

(1) Considera solamente el aumento de evaporación que experimenta una superficie natural cuando se incorpora riego.
(2) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0, 65 m³/s.
(3) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 2,07 m³/s.
(4) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0,50 m³/s.
(5) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 1,14 m³/s.
(6) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0, 60 m³/s, ni trasvases netos a otras cuencas de 0,8 m³/s.
(7) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 3,00 m³/s, ni aportes netos desde otras cuencas de 4,7 m³/s.
(8) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 1,3 m³/s.
(9) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 4,7 m³/s.

Fuente: Balance hídrico de Chile, 1987. Dirección General de Aguas. En: Universidad de Chile, 2010.

Ilustración 4: Balance hídrico.

La DGA propuso 3 escenarios de proyección que permiten visualizar cómo evolucionará el déficit hídrico que tendrá Chile en los próximos años, el primero corresponde al balance hídrico hecho en 1987, el segundo es la proyección para el 2010 y finalmente, el tercer escenario se sitúa en 2025. [1]

Cabe destacar que para esta proyección se ha tomado en cuenta el cambio climático según los estudios de la Universidad de Chile para CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). [1]

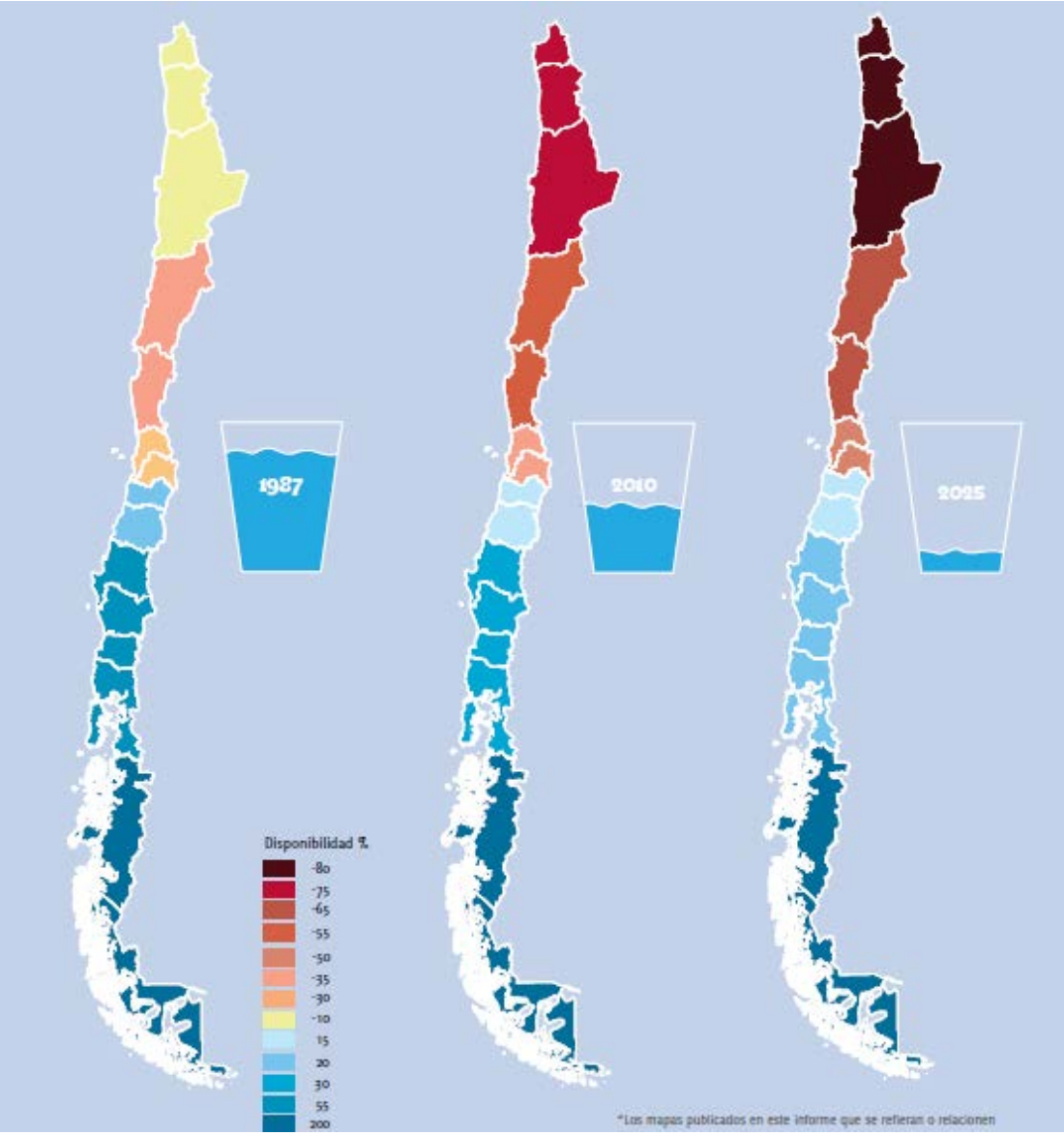


Ilustración 5: Proyección a Futuro del Agua en Chile [1].

Es claro que para el año 2010 ya había un notable déficit de recursos hídricos en el norte, que para el año 2025 va a ser mucho peor. [1]

En el norte, la media de disponibilidad de agua está por debajo de los 800 m3/persona/año, mientras que en el sur la disponibilidad supera los 10.000 m3/persona/año. [1]

Disponibilidad de Agua Superficial

Los lagos, la nieve y los glaciares son parte de las reservas hídricas más importantes de Chile. De hecho, el país posee una de las reservas de glaciares más diversas y grandes del mundo, la cual representa un 3,8% del área total del planeta, excluyendo Antártida y Groenlandia. A nivel americano, cuenta con el 76% de la superficie glaciar del continente, estimada en 28.286 km2. Los glaciares en el territorio nacional se distribuyen a lo largo de la Cordillera de los Andes, resaltando Campo de Hielo Patagónico Norte, Campo de Hielo Patagónico Sur y Campo de Hielo de la Cordillera Darwin, los cuales concentran el 78% de la superficie glacial del país (DGA, 2009). [1]

La mayor parte de los glaciares en Chile están experimentando deshielos con tasas de retroceso que varían de unos pocos metros anuales, especialmente en glaciares de la zona norte, hasta cientos de metros por año en el Chile Austral. En esta última zona, se han registrado las tasas máximas de deshielos, con un retroceso de 15 km en 100 años en el glaciar O´higgins del Campo de Hielo sur. [1]

Disponibilidad de Agua Subterránea

Cuando se trata de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, Chile posee un volumen bastante importante. La recarga media estimada de aproximadamente 55[m3/s] desde la región metropolitana al norte.

Desde la región de O´higgins al sur, no se cuenta con información detallada del potencial de recarga, debido a que las aguas subterráneas no tienen tanta importancia en esta zona como fuente de abastecimiento. La DGA ha estimado que la recarga sería aproximadamente de 160[m3/s] entre las regiones del Maule y de los Lagos. Para las regiones al sur de la región de los Lagos, no se cuenta con información sobre el potencial de recarga.

En los últimos 10 años la demanda de solicitudes de derechos de aprovechamiento y uso de aguas subterráneas se ha incrementado, lo que ha provocado que en la zona norte y central del país exista una sobreexplotación de estos recursos. [1]

Distribución de los Usos Consuntivos del Agua

EL agua es un recurso fundamental para muchos sectores productivos, por lo tanto es importante y fundamental conocer los detalles de cómo se reparte su uso en los distintos sectores, reconociendo su derecho a utilizar los recursos hídricos, pero velando por un uso equitativo y sustentable de parte de los mismos. [2]

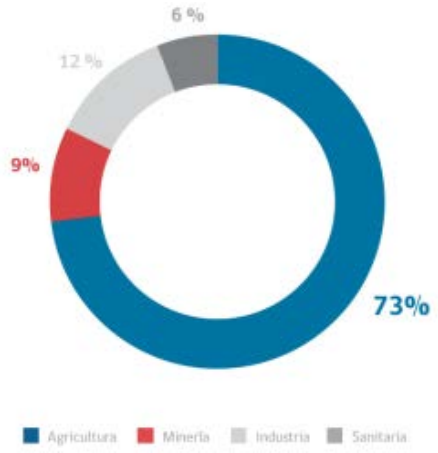


Ilustración 6: Distribución del Agua [2].

- **Sector Silvoagropecuario:**

Este sector productivo presenta un 73% de las extracciones consecutivas de agua, lo que riega 1.1 millones de hectáreas localizadas entre la región de Coquimbo y Los Lagos. EL año 2011, las exportaciones de la agricultura significó un 22% del total nacional y es aproximadamente un 9% de la fuerza laboral. EL sector agropecuario generó al año 2011 un 3% del PIB nacional. Dado que en algunas regiones la agricultura es la actividad más importante, este valor fue ampliamente superado.

El gran desafío en este sector se centra principalmente en el aumento de la eficiencia respecto al uso del recurso hídrico, lo que se ha traducido en mejoras de las tecnologías de riego y en la ejecución de obras de conducción y almacenamiento de aguas, debido a que en promedio el riego tecnificado permite reducir el consumo de agua por hectárea en un 50%. No obstante, se debe profundizar en el impacto de estas tecnologías en la recarga de las napas subterráneas, en la calidad de las aguas por el aumento de la concentración de contaminantes como pesticidas y fertilizantes, además de otros factores que es importante considerar. Debido a lo anterior resulta fundamental evaluar el impacto que puede causar la tecnificación, sobre todo en la capacidad hídrica de los cauces y en los aspectos medioambientales.

Finalmente, uno de los problemas que enfrenta este sector se refiere al manejo de contaminantes y pasivos ambientales que genera. [2]

- **Sector Industrial:**

Este sector usa un 12% de los usos consuntivos, con lo que se genera aproximadamente un 34% de las exportaciones nacionales, que representó el año 2011, un 11% del PIB.

Debido a la cantidad de subsectores que se presentan, cada uno con realidades muy distintas en cuanto a las demandas hídricas. Es esta razón por la cual las demandas futuras se logran estimar en base al crecimiento de cada sector.

Igual que en el sector anterior, el sector industrial tiene como desafío minimizar la contaminación de las aguas y optimizar su uso respecto a cada proceso industrial. [2]

- **Sector minero:**

El consumo de agua en este sector corresponde al 9% de la demanda nacional.

El recurso minero se encuentra principalmente desde el norte hasta la RM, precisamente el lugar geográfico de mayor escases hídrica y donde se estiman aumentos de demanda para los próximos 25 años del orden de un 200%.

Dado lo anterior, la creación de nuevas fuentes hídricas y la optimización del uso del recurso mediante tecnología representar el principal desafío de este sector. Además, se tiene el desafío de minimizar la contaminación debido a sus mismos procesos productivos. [2]

- **Sector Sanitario:**

Este sector representa el 6% de los derechos consecutivos de aguas del país de los que se utilizan para la producción de agua potable, además del transporte y tratamiento de aguas residuales generadas por la población. Cabe destacar que el 44% de los derechos de agua utilizados en este sector, están ubicados en la RM y un 12% en la región de Valparaíso.

La cobertura de agua potable a nivel nacional alcanzó un 99.8% y la de alcantarillado un 100% el 2012. [2]

Lo deseado ahora es minimizar las pérdidas y disminuir el consumo que no logra ser distribuida a la gente debido a filtraciones, roturas de redes y demás deficiencias técnicas que se producen. [2]

- **Sector energético:**

El uso no consuntivo de agua para la producción de energía ha crecido fuertemente debido al continuo desarrollo de la economía.

El sector hidroeléctrico cuenta con el 34% de un total de 17.000 MW de potencia total nacional. El componente hidroeléctrico se verá forzado a crecer constantemente transformándose en la principal fuente de generación de energía eléctrica en las próximas décadas. Si se toma en cuenta el crecimiento económico al año 2020, se estima un aumento en el consumo eléctrico del 6% o 7%, lo que requeriría aumentar la oferta de electricidad. [2]

Dado el enorme potencial de Chile en energía hidroeléctrica, sobre todo desde la región del Maule hacia el sur, se pretende usar aún más este recurso. [2]

Esta idea justificaría que la energía hidroeléctrica continúe siendo la principal fuente de la matriz energética gracias a que además es limpia y renovable, llegando fácilmente a los 9.000MW. [2]

El desafío para este sector consiste en hacer conciliar el uso hidroeléctrico con otros usos, como también contar con las autorizaciones necesarias para llevar a cabo este tipo de proyectos. [2]

V. Análisis territorial

Ámbito político y administrativo

La Región de Valparaíso, emplazado en la zona central de Chile, exactamente en 32°02’ y 33°57’ de latitud Sur y entre los 70° de longitud Oeste. Además, cuenta con las islas de Isla de Pascua, Salas y Gómez, San Félix, San Ambrosio y el archipiélago Juan Fernández. Se encuentra definida por 8 provincias con 38 comunas y su capital regional es Valparaíso. [3]

Según mediciones del INE-Censo 2012 (resultados preliminares), la región posee un área aproximada de 16.396,1 km^2, incluida las islas. [3]

La superficie regional representa el 2,17% de Chile Americano Insular. [3]

105,12 hab/km^2 es la densidad regional, con esto, la región de Valparaíso es la segunda más densa del País. [3]

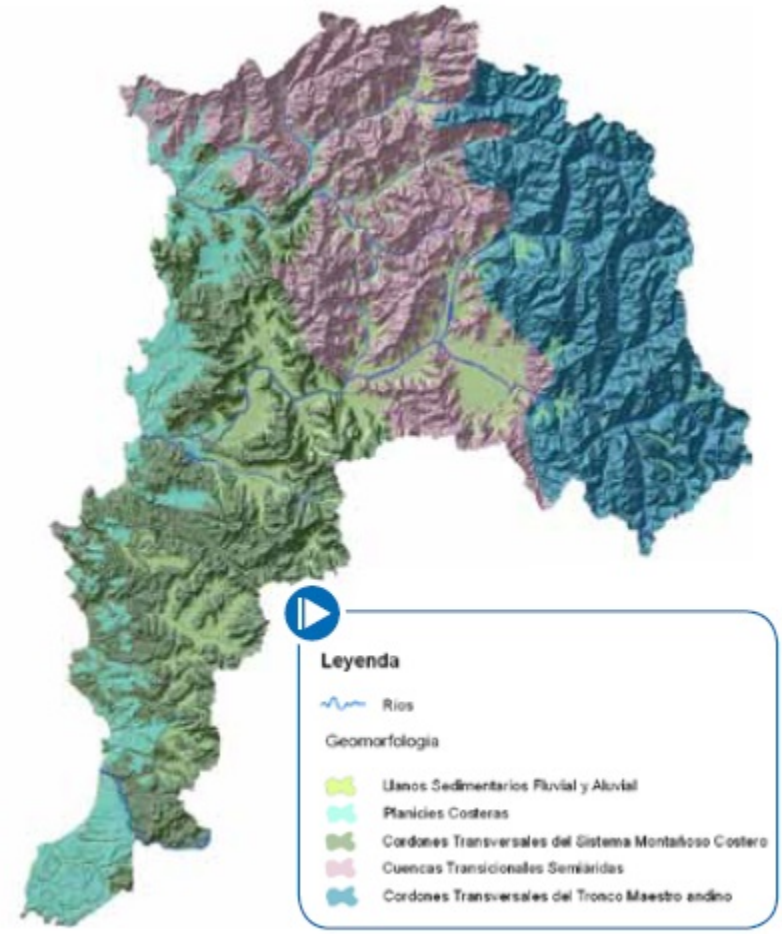
Fuente: Elaboración DIRPLAN Región de Valparaíso, en base a información cartográfica MOP, 2011

Ilustración 7: Mapa político administrativo .

Ámbito físico Ambiental

Geomorfología

Hasta el Cordón de Chacabuco, por el norte de la región, sigue la presencia de un desarrollo montañoso andino-costero que ha generado una depresión intermedio con rasgos irregulares. La formación de cuencas y subcuentas es parte de lo habitual, formadas en sentido norte-sur entre las dos configuraciones más sobresalientes del País, como lo es la cordillera de los Andes y la cordillera de la costa. Entre las más importantes cuencas se tienen La Ligua, Catemu, El Melón y Nogales. [3]



Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a informacion SIT MOP. 2011

Ilustración 8: Mapa físico.

Geología

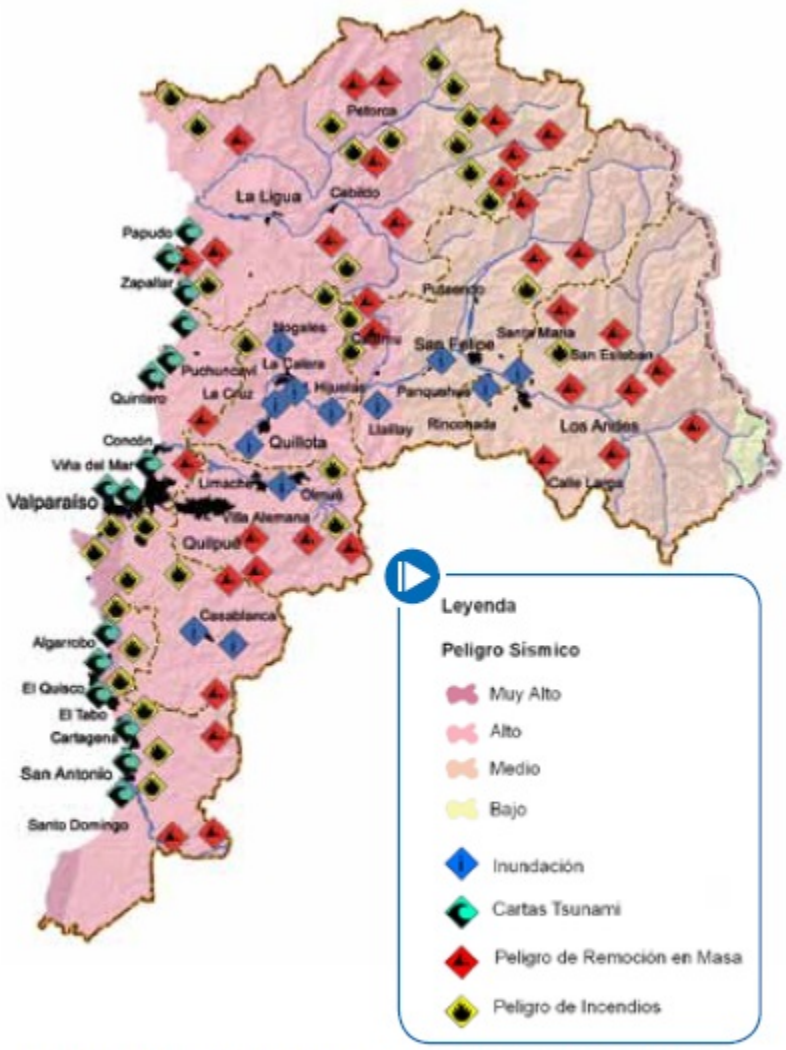
La unión de la geología con los suelos de la Región de Valparaíso, junto a las características geomorfológicas, otorgan las condiciones necesarias para la agricultura, como para la aparición de recursos hídricos. Uno de los suelos con mayor presencia, son los graníticos de la costa. Son suelos de los órdenes Alfisoles, con un grado de evolución aceptable e Inceptisobles. [3]

Riesgos Naturales

Los riesgos son parte de la región. Los riesgos por movimientos de tierra se concentran en laderas de quebradas de las cordilleras de Los Andes y La Costa, en la región, los lugares principalmente afectados son la ciudad de Valparaíso y la localidad de Reñaca, esto se debe a que ambos lugares se encuentran cercanos a los cerros. [3]

Los incendios forestales son otro problema que se presenta en la región, sobre todo en los alrededores de las zonas urbanas, esto es debido a la falta de servicios básicos y a la irresponsabilidad del hombre. [3]

La sequía también es otro de los riesgos presentes en la región, de hecho, entre los años 2010 y 2012 la región ha sido declarada con escasez hídrica por parte del MOP en la gran mayoría de sus comunas, siendo la más crítica, la comuna de Petorca. [3]



Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a informacion SERNAGEOMIN y DIPLAD Gobierno Regional de Valparaíso. 2011

Ilustración 9: Mapa riesgos naturales.

Clima

El clima presente en la Región de Valparaíso posee un carácter templado mediterráneo, pero con ciertas variaciones a lo largo del territorio, hacia el norte del Río Aconcagua se tienen zonas semiáridas, siendo más húmedo o mediterráneo costero en el litoral y se vuelve más frío a medida que se acerca a la cordillera. [3]

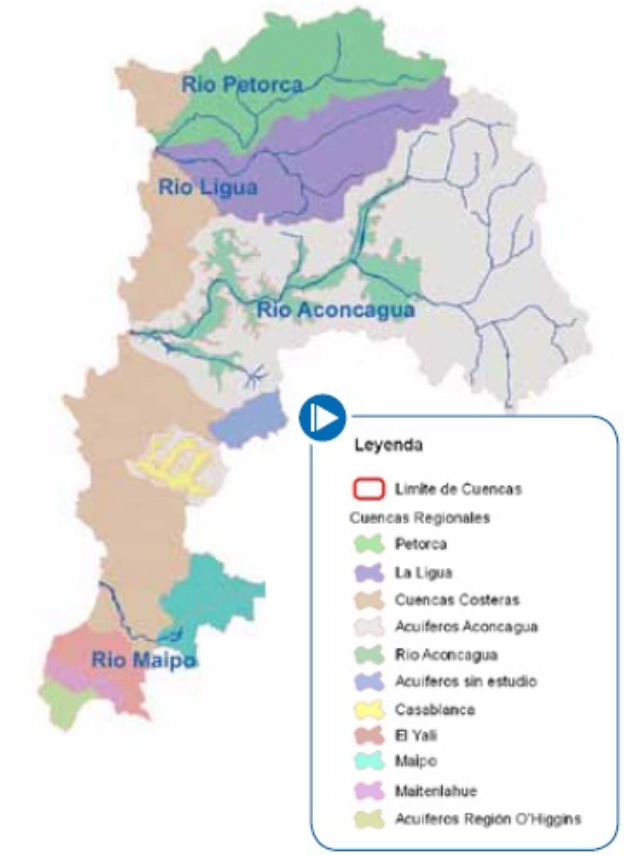
El océano pacífico junto a la corriente de Humboldt, determinan en gran medida la naturaleza climática de la región. La gran mayoría de las direcciones de los vientos, todos de carácter oceánico y portadores de humedad, son la razón de esta característica antes mencionada en la región. En esta región se inician los climas templados. [3]

También, debido a la presencia de la corriente de Humbolt, se presentan una serie de bajas temperaturas junto a las costas, generando una baja en las temperaturas continentales. [3]

Hidrografía

Aguas Superficiales

La Región de Valparaíso cuenta con cuatro importantes ríos: Petorca, La Ligua, Aconcagua y la desembocadura del río Maipo. Estos ríos son de naturaleza nivo-pluvial, aunque hay que destacar que los ríos Petorca y La Ligua poseen una baja contribución nival. También se cuentan con hoyas hidrográficas menores que comienzan en la Cordillera de la Costa y son de naturaleza pluvial. [3]



Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a informacion DGA 2011

Ilustración 10: Mapa aguas superficiales.

El río Petorca se ubica cercano al límite norte de la región. Comienza en los sectores precordilleranos y es conformado por la unión de los ríos Pedernal y el Sobrante. Posee una cuenca de 2.669 km2. Su inclinación es de 3,22% y desemboca en el mar en la localidad de Longotoma. Sus aguas se usan como riego para el Valle Petorca. [3]

El río Aconcagua es el terminal de los valles centrales del norte chico y el curso principal de la región, posee una hoya hidrográfica de 7.340 km2 y se posiciona en el centro de la región, es conformado por la confluencia de los ríos Juncal y Blanco en la Cordillera de los Andes. [3]

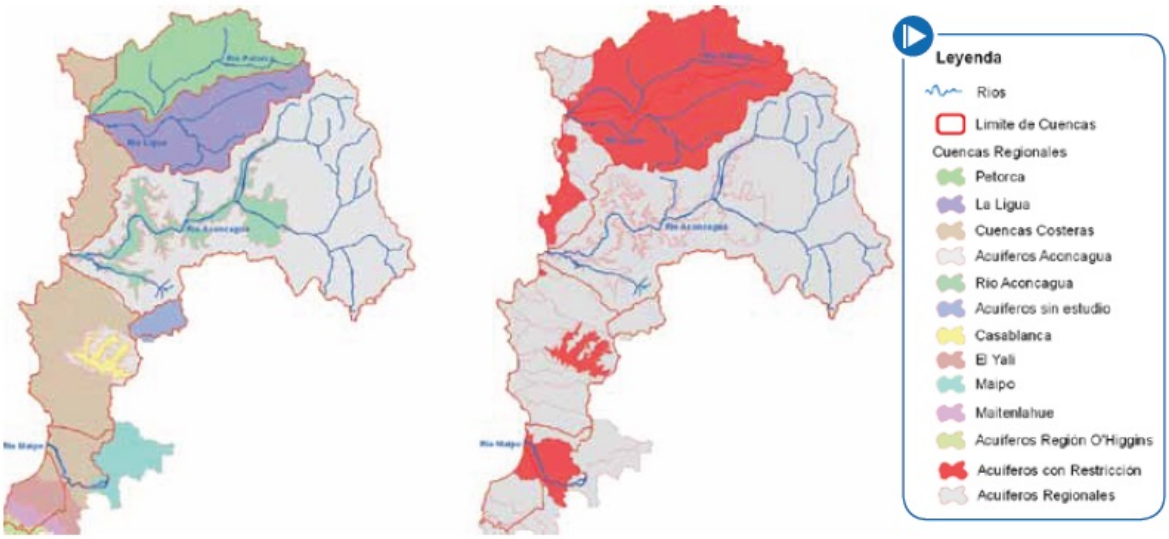
Este es río presenta fluctuaciones estacionales debido al derretimiento de la nieve en primavera y las lluvias en invierno, lo que deja claro su régimen mixto. [3]

En la cuenca de San Felipe, se suma el río Putaendo el cual aporta 8,6 m3/s en promedio anualmente, antes de desembocar en Concón, se mezcla con el estero Limache llegando al mar con

un caudal medio estimado de 79 m3/s. Su recorrido completo, tomando en cuenta el río Juncal, es de 177 km con un sentido que va de oriente a poniente. Sus aguas se usan principalmente en el rubro minero, específicamente en el área cuprífera, también en el riego del valle en toda su longitud, instalaciones industriales y abastecimiento de agua potable a las principales ciudades de la región. [3]

Para finalizar, el río Maipo se integra en su desembocadura en el sistema Hidrográfico regional en la zona sur de la provincia de San Antonio. Sus aguas son usadas prácticamente en su totalidad en la Región Metropolitana, lo cual no afecta mayormente en la necesidad hídrica de la región. [3]

La DGA ha clasificado, según los tipos de relieves de la región, las cuencas que se detallan a continuación:



Fuente: Elaboración Equipo DIRPLAN, Región de Valparaíso, en base a DGA. 2011

Ilustración 11: Clasificación de relieves.

Nombre de la Cuenca
Río Petorca
Costeras Río Quilimarí - Petorca
Río Ligua
Río Aconcagua
Costeras Río Ligua - Río Aconcagua
Río Maipo
Costeras Río Aconcagua - Rio Maipo
Costeras Río Maipo - Río Rapel

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso, 2011

Ilustración 12: Cuencas.

Aguas Subterráneas

Otra de las riquezas en recursos hídricos de la región, son las aguas subterráneas, que en unión con las aguas superficiales, generan todo el activo hídrico regional. [3]

Al norte de la región, los acuíferos de los valles de los ríos Petorca y Ligua, debido a la constante falta de activos superficiales, dan sustento a la agricultura de los valles antes mencionados y sustituyen las necesidades de suministro para agua potable. Ambos acuíferos se encuentran declarados, por la DGA, como zonas de restricción para nuevas extracciones de aguas subterráneas, desde el año 1997 Petocar, y desde el año 2004 La Ligua. [3]

El acuífero de del río Petorca es del tipo libre que se desarrolla a lo largo del valle central. Los rellenos, cuyos espesores van desde 8 a 25 metros, está constituidos por sedimentos granulares, desde bolones hasta arenas finas, con gran presencia de estratos de arcilla que van desgastando su potencial hídrico. En Longotoma, cercano a la ruta 5 Norte, se encuentra un acuífero confinado, reconocido a partir de los 30 metros de profundidad. El pequeño espesor y una permeabilidad relativamente alta, sobre todo en la parte superior, produce una buena comunicación entre el río y el acuífero, debido a lo anterior, el acuífero presenta una baja disposición a la regulación. Las transmisibilidades varían entre 20 a 200 $m^2/día$ en la parte alta y van en aumento aguas abajo, llegando a variar entre los 100 y 1000 m2/día en el sector de Longotoma. Los rendimientos específicos varían entre 0,4 y 12,3 L/s/m y el coeficiente de almacenamiento presenta valores entre 5 y 15%. Las estimaciones de escorrentía entregan caudales subterráneos superiores a 100 L/s. [3]

Para el acuífero del Valle de la Ligua, se tienen dos tipos de acuíferos, el primero de características libres que se extiende a lo largo de todo el valle, corresponde al relleno más superficial del valle, hecho de gravas y arenas. Su organización y localización permite una buena comunicación entre los esporádicos flujos superficiales que se presentan en el cauce, con un espesor variable en el valle de 10 a 30 metros aproximadamente. A partir de la localidad de La Ligua y hacia la Carretera Panamericana, se cuenta con la presencia de un acuífero confinado, compuesto por estratos de arcilla y limos, que confinan rellenos granulares más profundos. La transmisibilidad varía entre los 100 a 400 $m^2/día$ en la parte alta del río La Ligua, sector de Alicahue, y va en aumento hacia aguas abajo llegando a valores cercanos de 2000 $m^2/día$ en el curso medio del río, sector de la Higuera para luego disminuir a valores cercanos de 700 $m^2/día$ en Placilla, asimismo los valores de transmisibilidad en los esteros Los Ángeles y La Patagua son fuertemente más bajos con valores entre 20 y 100 $m^2/día$. El rendimiento específico varía entre 0,5 y 8,5 L/s/m en el Valle Central, para el caso de los esteros cercanos tiene un valor de 0,2 L/s/m, con coeficiente de almacenamiento entre 8 y 15%. La escorrentía natural llega a valores entre 60 y 720 L/s. [3]

Hacía el sur, el acuífero del valle del río Aconcagua es el encargado de abastecer una muy importante superficie agrícola y en no menor medida, las demandas de la industria y el agua potable. En este valle se encuentran acuíferos de mucha importancia. El acuífero de la 3ra sección, ubicado entre La Calera y Quillota aproximadamente, posee una explotación clara. Por otra parte, el acuífero del tramo Los Andes a San Felipe (1ra sección) es un elemento de regulación de gran importancia, otorgando aguas de muy buena calidad para toda clase de requerimientos. A lo largo de todo el valle se encuentran lugares con señales de acuíferos libres (rellenos superficiales), además de estratos confinados y semiconfinados a mayores profundidades. [3]

La costa de la región de Valparaíso, recibe el nombre de “Cuencas Costeras”, se extiende de Los Molles por el norte y Las Rocas de Santo Domingo por el sur. Las cuencas costeras se caracterizan mayormente por la delicadeza que sufren ante la falta de pluviometrías importantes. Desde el punto

de vista geomorfológico del relleno sedimentario, los acuíferos de estos lugares están relacionados con depósitos fluviales actuales y antiguos. De los 40 sectores acuíferos situados en cuencas costeras, sólo 6 (15%) no cuentan con disponibilidad para constituir nuevos derechos de aprovechamiento, 26 sectores (65%) cuentan con estudio y disponibilidad para constituir nuevos derechos (ya sean permanentes o provisionales), mientras que los 8 sectores (20%), no tienen poseen estudios, o bien, se encuentran en reevaluación. [3]

Algunas de las principales características hidrológicas, por sector son:

- Sector Catapilco: El espesor de los rellenos es superior a 50 metros en el sector Capilco, hacia la desembocadura, la capacidad completa del acuífero es superior a los 30 metros. No se posee información sobre transmisibilidades en este sector, sólo se cuenta con información de caudales específicos, que en la mayoría de las veces, son bastante bajos. [3]
- Estero Puchuncaví: El espesor total de los rellenos es variable desde unos 50 metros en la parte alta y en la localidad de Campiche, para aumentar luego ir en aumento paulatinamente hasta unos 80 metros en el sector de desembocadura. La transmisibilidad se ha estimado en 20 $m^2/día$. [3]
- Sector Quintero: El espesor total del relleno es de 60 metros aproximadamente. La transmisibilidad de los rellenos es muy pequeña, de 40 $m^2/día$ en el sector de Pucalán. Además puede considerase como una formación de permeabilidad relativa. [3]
- Estero el Rosario: Cerca de la convergencia de este estero con el estero Carvajal al Noreste de EL Tabo, el relleno posee una potencia de máxima de 40 metros, es probable obtener transmisibilidades de 600 y 800 $m^2/día$. En el valle del Rosario el espesor del relleno disminuye en dirección aguas abajo desde los 35 metros en la cabecera del valle hasta los 18 metros, las transmisibilidades se aminoran notablemente hacia aguas arriba de la convergencia con el estero Lagunillas, donde se tienen transmisibilidades menores a los 100 $m^2/día$. [3]
- Estero Cartagena: En este sector, los acuíferos se localizan prácticamente superficiales hasta unos 25 metros bajo la superficie. Cerca de la desembocadura, las transmisibilidades no son mayores a 450 $m^2/día$, hacia el interior del valle presenta valores en torno a 56 $m^2/día$. [3]
- Estero El Sauce: Esta zona acuífera posee una potencia media de 10 metros, evaluándose que la potencia máxima puede llegar a 15 metros, estos depósitos, estarían conformando una zona acuífera bastante limitada, con transmisibilidades de 5 $m^2/día$. [3]

Para finalizar, la cuenca del estero Casablanca se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa y se constituye de cuatro valles, La Vinilla-Casablanca, Los perales de Tapihue, Lo Ovalle y Lo Orozco. En relación a las características del relleno, se asegura que la potencia del mismo es variante, logrando en algunas zonas una profundidad de la roca fundamental mayor a 150 metros y en otros sectores del orden de 20 metros, incluso en algunos lugares se tiene un afloramiento de la roca fundamental, sobre todo en los bordes del valle. El sector de Casablanca-La Vinilla es el de mayor importancia hidrogeológica, respecto a tu extensión y potencia del relleno, llegando a valores mayores a 150 metros de potencia en la zona más alta del valle. La zona de los Perales del Tapihue posee una menor potencia y extensión, pero en conjunto con el sector de Casablanca-La Vinilla se establecen como los de mayor relevancia. Los valles de Lo Ovalle y Lo Orozco se muestran como los más carentes en cuanto a relleno y extensión, logrando potencias que varían entre 30 a 40 metros. [3]

Sector	Área km²	Acuífero
Petorca	19.907,0	Petorca
La Ligua	19.858,9	La Ligua
Putaendo	1.162,4	Río Aconcagua
Nogales	921,5	Río Aconcagua
San Felipe-Los Andes	3.479,4	Río Aconcagua
Catemu	329,5	Río Aconcagua
Aconcagua-Las Vegas	1.152,3	Río Aconcagua
Quillota	2.390,4	Río Aconcagua
Llayllay	587,8	Río Aconcagua
Rabuco	198,6	Río Aconcagua
Aconcagua desembocadura	346,1	Río Aconcagua
Limache	987,9	Río Aconcagua
Rocas Pichidangui	145,1	Cuencas Costeras V Reg
Estero El Pangal	356,2	Cuencas Costeras V Reg
Rocas Playas Los Molles	114,8	Cuencas Costeras V Reg

Ilustración 13: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso.

Sector	Área km²	Acuífero
Sector Punta Pichicuy	230,7	Cuencas Costeras V Reg
Rocas Punta La Ligua	102,0	Cuencas Costeras V Reg
Estero Las Salinas Norte (Petorca)	636,1	Cuencas Costeras V Reg
Estero Papudo	490,3	Cuencas Costeras V Reg
Catapilco Sector Catapilco	2.324,3	Cuencas Costeras V Reg
Rocas Zapallar	152,2	Cuencas Costeras V Reg
Estero Cachagua	187,2	Cuencas Costeras V Reg
Catapilco Sector La Laguna	171,5	Cuencas Costeras V Reg
Catapilco Sector La Canela	588,4	Cuencas Costeras V Reg
Estero Puchuncaví	1.102,5	Cuencas Costeras V Reg
Sector Horcón	181,6	Cuencas Costeras V Reg
Quintero Sector Pucalán	1.502,6	Cuencas Costeras V Reg
Quintero Sector Dunas de Quintero	705,0	Cuencas Costeras V Reg
Quintero Sector Mantagua	261,2	Cuencas Costeras V Reg
Sector Concon	129,6	Cuencas Costeras V Reg
Sector Reñaca	354,5	Cuencas Costeras V Reg
Estero Las Salinas Sur	63,7	Cuencas Costeras V Reg
Estero Viña del Mar	4.244,0	Cuencas Costeras V Reg
Rocas El Caracol	174,5	Cuencas Costeras V Reg
Sector Valparaíso	581,9	Cuencas Costeras V Reg
Estero Laguna Verde	2.040,9	Cuencas Costeras V Reg
Rocas Punta Curaumilla	169,3	Cuencas Costeras V Reg
Sector Curauma	279,2	Cuencas Costeras V Reg
Sector Quintay	477,4	Cuencas Costeras V Reg
Estero Casablanca desembocadura	1.648,0	Cuencas Costeras V Reg
Sector Punta Gallo	158,4	Cuencas Costeras V Reg

Ilustración 14: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso.

Sector	Área km²	Acuífero
Estero San José	217,5	Cuencas Costeras V Reg
Estero El Membrillo	972,9	Cuencas Costeras V Reg
Estero San Jerónimo	1.369,8	Cuencas Costeras V Reg
Sector Algarrobo	592,5	Cuencas Costeras V Reg
Estero El Rosario	2.556,0	Cuencas Costeras V Reg
Sector El Tabo	211,3	Cuencas Costeras V Reg
Estero Cartagena	2.369,1	Cuencas Costeras V Reg
Rocas Punta Panul	38,8	Cuencas Costeras V Reg
Sector San Antonio	123,7	Cuencas Costeras V Reg
Estero El Sauce	1.128,3	Cuencas Costeras V Reg
Maipo desembocadura	3.503,2	Cuencas Costeras V Reg
Rocas de Santo Domingo	796,5	Cuencas Costeras V Reg
Estero Los Molles	796,4	Cuencas Costeras V Reg
Estero Los Molles	1,3	Cuencas Costeras V Reg
Estero Guaquén	1.624,1	Cuencas Costeras V Reg
Estero Guaquén	0,2	Cuencas Costeras V Reg
Lo Orozco	241,8	Casablanca
Lo Ovalle	487,6	Casablanca
Los Perales	360,4	Casablanca
La Vinilla-Casablanca	1.039,3	Casablanca
Estero Maitenlahue	1.663,6	Maitenlahue
Yali Bajo El Prado	4.016,6	Yali

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso. 2012

Ilustración 15: Listado de sectores acuíferos Región de Valparaíso.

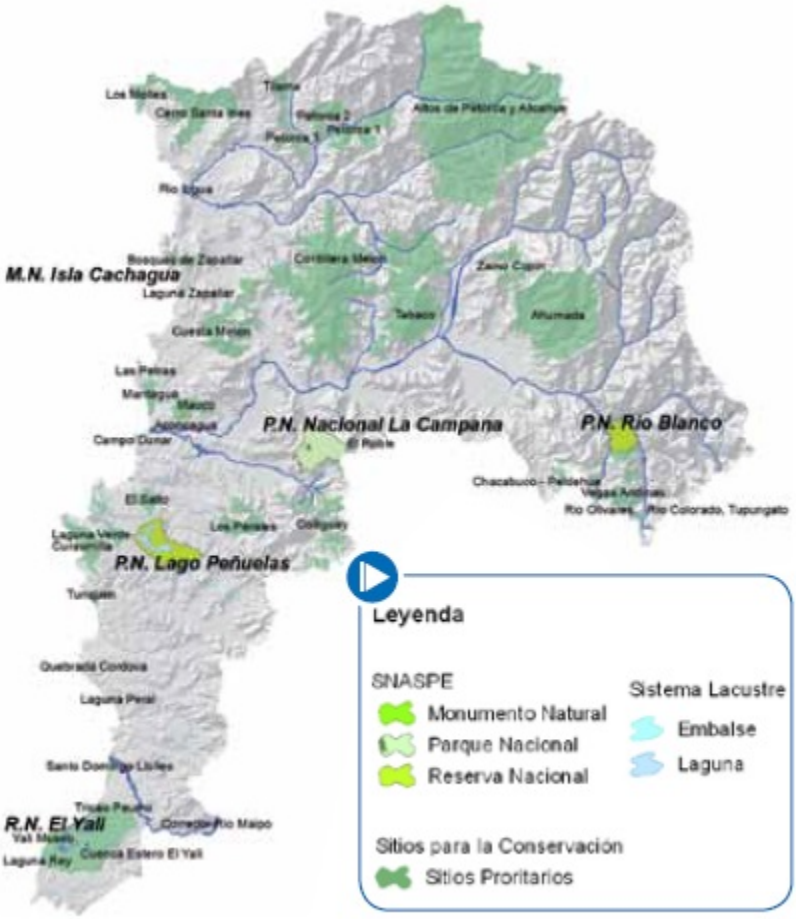
Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

La quinta región cuenta con 3 Parques Nacionales, 3 Reservas Nacionales y 1 Monumento Natural, señalados en las siguientes tablas, con un total de 44.545 hectáreas, lo que corresponde al 0.3% del total de las áreas protegidas por el país. Además de la obvia importancia ecológica de estas reservas, el atractivo turístico no se queda atrás, no obstante, el desarrollo de proyectos de puesta de valor turísticos para estos territorios es prácticamente reciente. [3]

Área de Protección	Nombre	Comuna	Ha totales
Parque Nacional	La Campana	Hijuelas/Olmué	8.000
	Archipiélago de Juan Fernández	Juan Fernández	9.571
	Rapa Nui	I. de Pascua	7.130
Reserva Nacional	Río Blanco	Los Andes	10.175
	Lago Peñuelas	Valparaíso	9.094
	El Yali	San Antonio	570
Monumentos Naturales	Isla Cachagua	Zapallar	5
Totales			**44.545**

Fuente: Estadísticas Medio Ambientales INE. 2010.

Ilustración 16: Áreas protegidas.



Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a información SIT MOP. 2011

Ilustración 17: Mapa áreas protegidas continentales.

Otra de áreas protegidas de la región corresponde a los santuarios de la naturaleza, establecidos por la Ley de Monumentos Nacionales, lo que suma como zona de conservación a la Laguna el Peral de la comuna de El Tabo, además de los lugares también catalogados como santuarios. [3]

Se habla de: Roca Oceánica, Las petras de Quintero, Campo Dunar de la punta de Concón, Islote Pájaros Niños, Islote o Peñón de Peña Blanca y las formaciones rocosas de Peña Blanca, Islas de Salas y Gómez, islotes adyacentes a la isla de Pascua y Palmar de El Salto en Viña del Mar. [3]

Con lo anterior, se cuenta con 17 sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica delimitados por CONAF para ser integrados al SNASPE o como área de protección privada. La región también cuenta con sitios importantes para la conservación marina en los que se realizan investigaciones universitarias, los cuales corresponden a las zonas costeras de Las Cruces y Punta Curaimilla – Punta Gallo. [3]

Es de mucha importancia tener en cuenta que estas mismas zonas bajo protección, reciben más de una tipificación, como por ejemplo el Parque Nacional Rapa Nui, declarado Patrimonio de la Humanidad y el Parque Nacional Juan Fernández, que en conjunto con el Parque Nacional La Campana y la Reserva Nacional Peñuelas, son áreas consideradas además como Reservas de la Biósfera. [3]

Las últimas mencionadas, son consideradas como una de la eco-regiones más vulnerables del mundo, es decir, una eco-región mediterránea del Chile central, esta zona se encuentra bajo fuertes presiones de desarrollo dada su cercanía a las zonas más pobladas del país (Santiago y el Gran Valparaíso). [3]

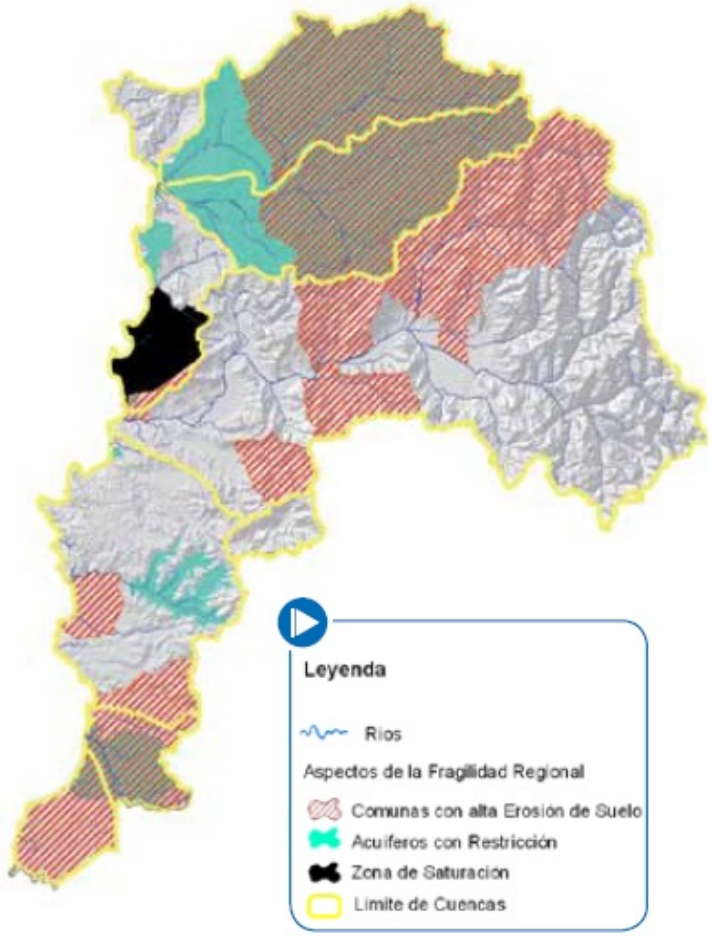
Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a Reserva de la Biosfera, J. Pelenc, PUCV. 2011

Ilustración 18: Reserva de la biósfera.

Vulnerabilidad de los Recursos Naturales

La vulnerabilidad de los recursos naturales es gatillada por en las circunstancias de la fragilidad en aspectos tanto naturales como condiciones antrópico, se pueden ver lugares de saturación debido a los efectos de la contaminación de la actividad industrial, zonas de restricción de acuíferos, alta erosionabilidad de suelos, alcanzando un 55,7% (Centro de Información de Recursos Naturales 2010) de los suelos de la región con algún tipo de erosión (categorías de leve, moderada 20,3%, severa y muy severa 21,3%). [3]

Una fracción de esta área, sobre todo en dirección de la Cordillera de los Andes, ha sido dañada durante milenios por procesos de erosión de tipo geológico. Las comunas más afectadas según clasificación "suelos erosionados" son calle Larga (73%), Llay-Llay (77,6%) y San Antonio (80,1%). No obstante, Cabildo, Petorca y San Esteban se constituyen como las comunas con la mayor superficie de los suelos erosionados bajo las categorías "severa" y "muy severa". [3]



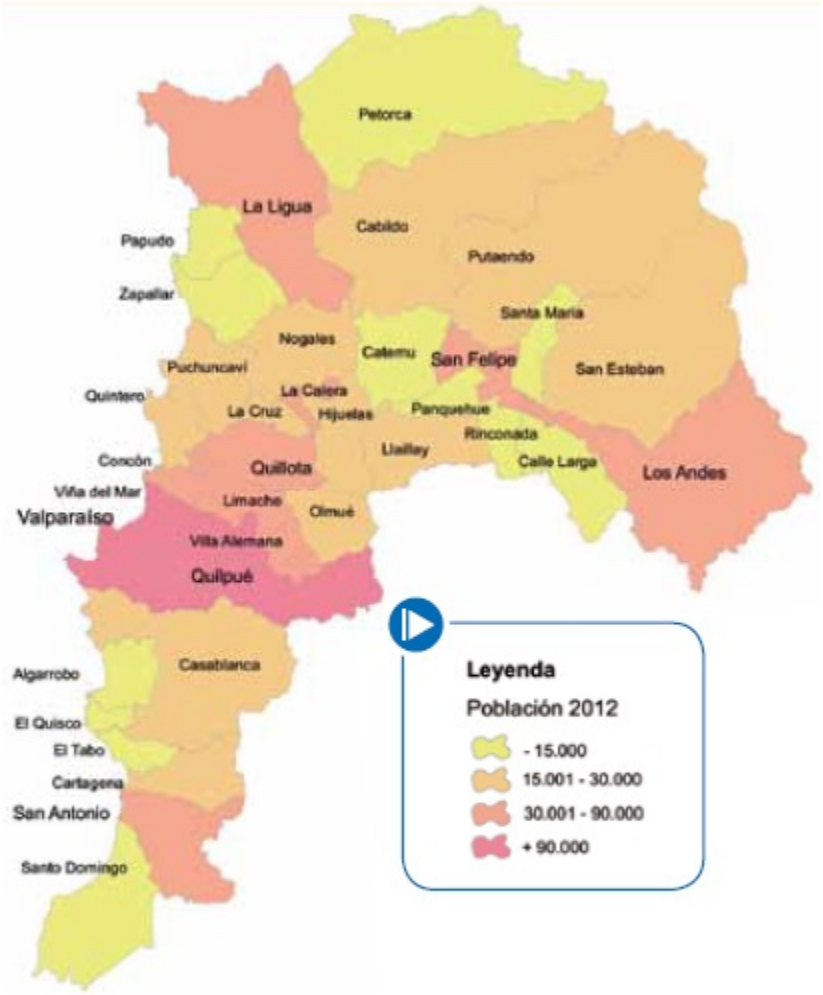
Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a SIT MOP y GORE Región de Valparaíso. Año 2011

Ilustración 19: Mapa vulnerabilidades.

Ámbito Socio-Demográfico y Cultural

Distribución de la población

Se estima que el 91,6% de la región se emplaza en ciudades. [3]



Fuente: Equipo DIRPLAN Región de Valparaíso en base a INE - Censo de Población y Vivienda 2012 (Resultados Preliminares)

Ilustración 20: Distribución de la población.

Según el censo de Población y Vivienda 2012 (resultados preliminares) la población es de 1.723.547 habitantes (828.675 hombres y 894.872 mujeres) con un aumento intercensal 2002-2012 de un 12,6% por sobre la media nacional 10,1% y con una densidad de 105,12 hab/km2, lo que equivale al 10,4% de la población del país, con una tasa de crecimiento 1.19 personas, la cual es mayor a la tasa de crecimiento anual de 0,97 a nivel nacional. [3]

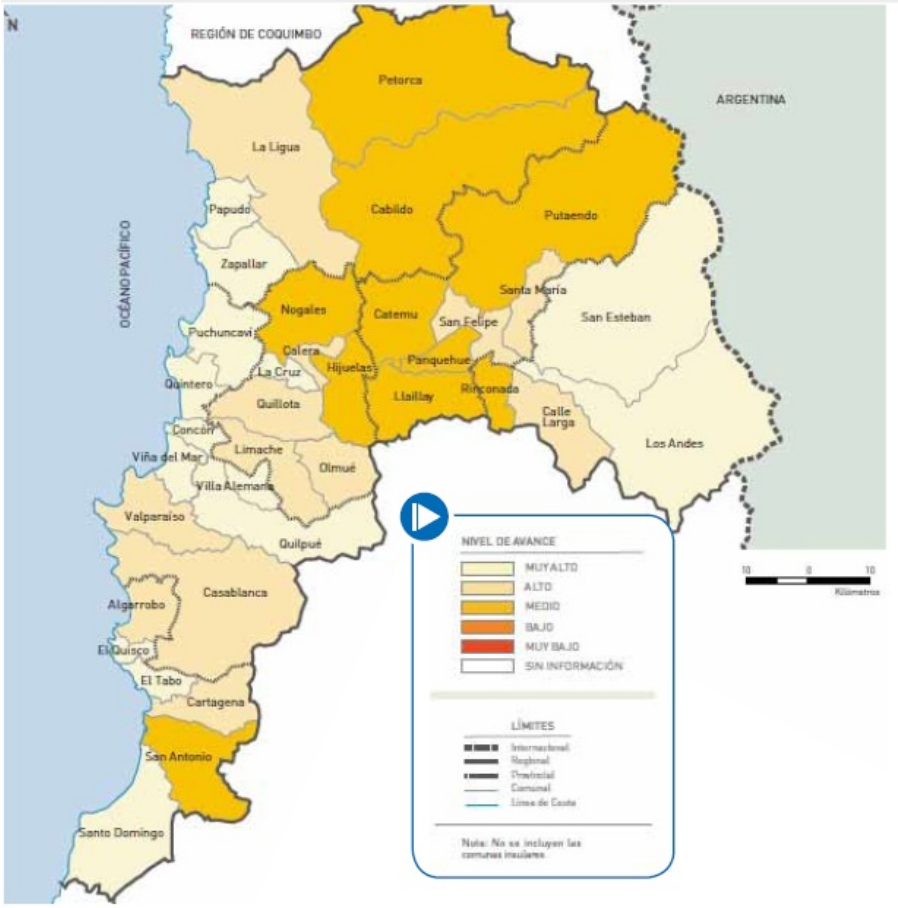
En los últimos censos, la región de Valparaíso presenta un crecimiento levemente inferior al promedio nacional, lo proyectado para la población para el 2010 en base al 2002, notifica que esta tendencia se habría revertido, lo que la define como una región regresiva. Además, hay que considerar en el análisis de población la relación con la Región Metropolitana de Santiago y los estándares de su conectividad vial, ambos factores generan cada vez más captación de la población desde la capital del país. [3]

Índice de desarrollo humano

Los valores de Índice de Desarrollo Humano (IDH), analizados por comuna en 2003, sitúan a la región en el quinto puesto en el ranking regional de desarrollo humano con un IDH de 0,719. Aún así, debe notarse que el aumento del indicador es de 15,6% en el periodo 1994-2003, indica una bajo logro, superando solamente a las regiones de Tarapacá (10,2%) y Magallanes (15,4%), muy por debajo del promedio nacional (19,3%). Las variables con más peso dentro de este análisis, notifican un rezago en logros, tanto en ingreso como en educación, siendo la variable salud la que se observa en el rango del promedio nacional. [3]

Todas las comunas experimentan un crecimiento en su IDH, pero como se mencionó anteriormente, es menor al promedio nacional. [3]

Otro factor a tomar en cuenta es que las concentraciones urbanas más relevantes poseen los más altos IDH (altos y muy altos), como en el caso del Gran Valparaíso. [3]



Fuente: MIDEPLAN - PNUD, 2005

Ilustración 21: Índice de desarrollo humano.

Ámbito Económico y Productivo

Producto Interno Bruto (PIB) Regional

Según los reportes del PIB realizados por el Banco Central de Chile, la región de Valparaíso ha presentado un crecimiento constante, exceptuando el 2009. [3]

Entre las actividades que más aporte hicieron al PIB regional del 2009, se encuentra la industria manufacturera con un 26,88%, servicios personales con un 11,95%, transportes y comunicaciones un 11,18%, por el otro lado, la actividad con menor aporte fue la pesca con un 0,14%. Los ejes regionales que se muestran en el siguiente gráfico aportan el 29,6% del PIB y generan el 43,3% del empleo regional. [3]

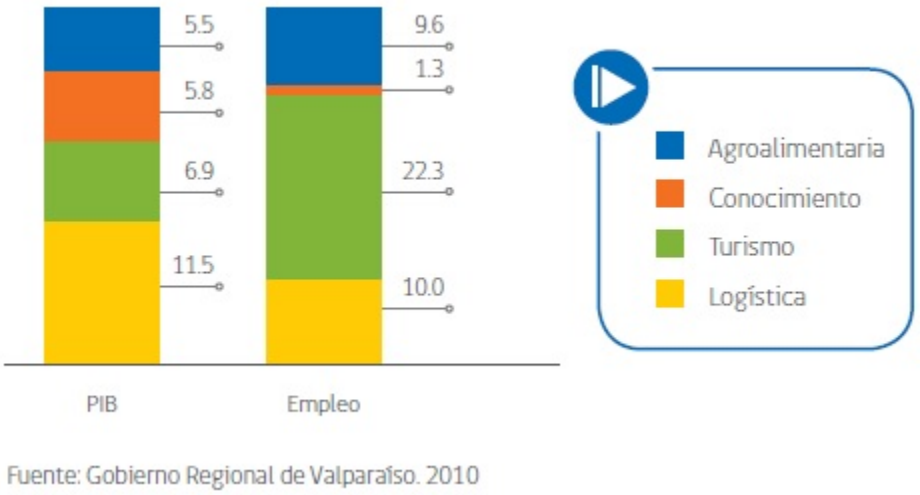


Ilustración 22: Aporte al PIB y al Empleo Sectores Piorizados del Gobierno Regional (en porcentaje).

Los números muestran un PIB variado que no hace notar una especialización económica, pero resulta interesante relacionar las cifras con las actividades de mayor importancia en el empleo regional. Las actividades económicas vinculadas a la industria agroalimentaria, industria del conocimiento, actividad turística y logística están entre las actividades económicas priorizadas por la región. [3]

Para la proyección del PIB de la Región de Valparaíso se consideraron estimaciones de la elasticidad del PIB Regional, respecto al PIB nacional, y una estimación del crecimiento del país, para esta proyección se partió por la estimación del crecimiento del PIB nacional para el período 2010 – 2020 en donde se tomaron referencias del Banco Central y Fondo Monetario Internacional, llegando a la proyección que se detalla a continuación:

Tasa de Crecimiento del PIB	Año
4,44%	2010
4,70%	2011
4,44%	2012
4,44%	2013
4,44%	2014
4,44%	2015
4,27%	2016
4,27%	2017
4,27%	2018
4,27%	2019
4,27%	2020

Fuente: Estimaciones de Elasticidades, Subdirección de Estudios y Políticas de Inversión, DIRPLAN, 2011.

Ilustración 23: Proyección de las tasas de crecimiento del PIB regional 2010-2020.

Comportamiento del Índice de Actividad Económica Regional (INACER)

En el período comprendido entre el segundo trimestre del 2009 y el segundo trimestre del 2012 el INACER de la Región de Valparaíso dejó observar un aumento promedio de 7,3% anual. En general en ese período se pueden ver algunas bajas del índice en los segundos o terceros trimestres que coincide con la época de otoño e invierno y donde además hay una baja en la producción frutícola y actividad turística. [3]

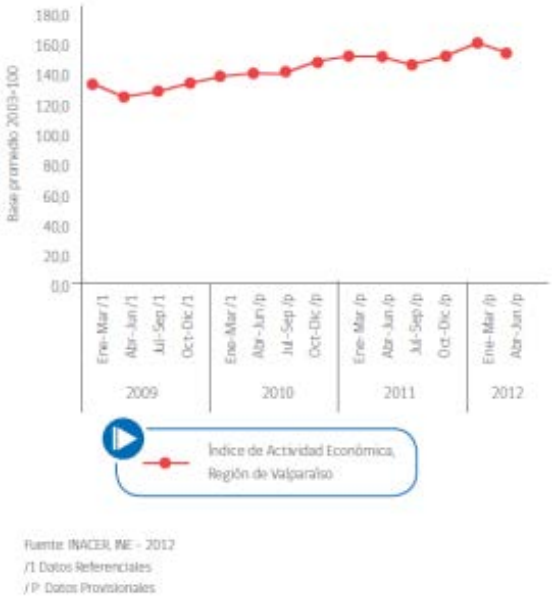
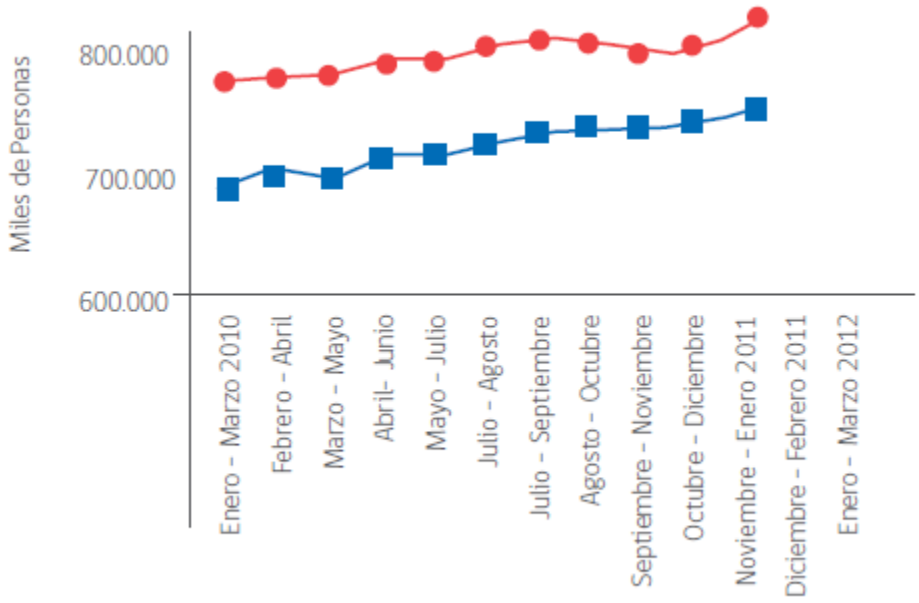


Ilustración 24: INACER 2009- Junio 2012.

Estructura ocupacional y Productiva

En el período del año 2011, el más importante porcentaje de ocupados en la Región de Valpraíso (1er Semestre), correspondió a la rama de la actividad económica catalogada como comercio al por mayor y menor y reparación de vehículos, lo que es equivalente a 21,3%, seguido por la construcción con un 8,2% y en tercer lugar la agricultura, ganadería, caza y silvicultura con un 8%, en cuarto lugar la rama del transporte, almacenamiento y comunicaciones con un 7,9%. Para el 2010, la tasa de desempleo fue a penas un poco menor a los dos dígitos, logrando una gran disminución en el año 2011 en que alcanzó un 8,4%. En el siguiente gráfico se aprecia la línea azul de la fuerza de trabajo versus la línea roja de la cantidad de ocupados en la región. [3]



Fuente: Gobierno Regional de Valparaíso en base a Encuesta Nacional de Empleo. 2011

Ilustración 25: Evolución de .a fuerza de trabajo y ocupados 2010-2011.

Principales Actividades Económicas

Se destacan las actividades industriales, marítimo-portuarias, turísticas, agrícolas, mineras, universitarias y científico-tecnológicas (ERD, 2012). [3]

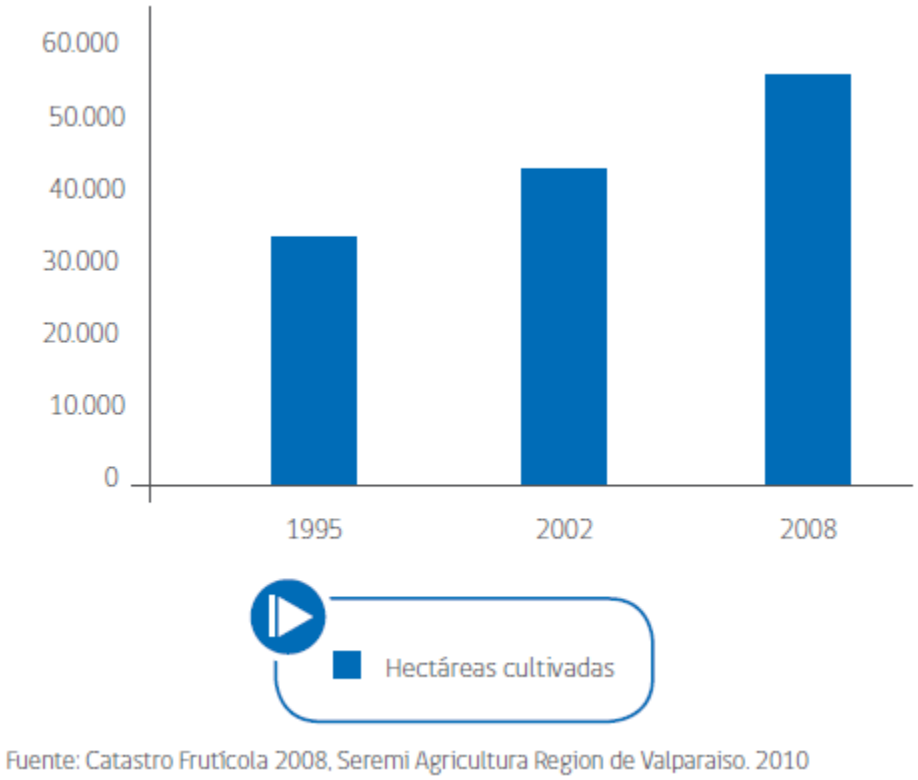


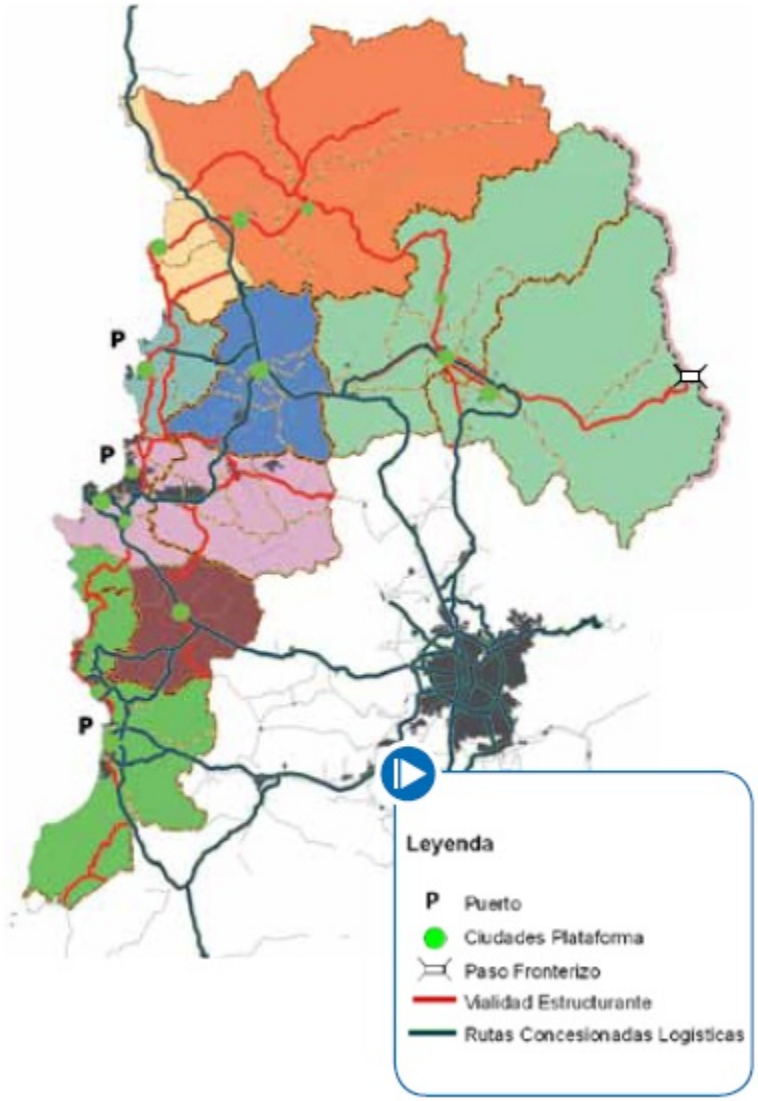
Ilustración 26: Superficies frutales.

Como sector económico, la actividad agrícola aporta al PIB regional en torno a un 5%. El principal aporte lo constituye la fruta fresca con un 52%. Entre los retos que se presentan, según el Informe de Diagnóstico Sectorial de la Seremi de Agricultura en agosto 2010, está la incorporación del concepto de precisión de pequeños productores, de tal manera que se tomen decisiones económicas y ambientales adecuadas de producción en sus campos, incorporando tecnologías y el uso de informática, como apoyo a la eficiencia productiva. [3]

Otro de los retos es aumentar la confianza de riego, para lo cual es de mucha importancia la construcción de la infraestructura de acumulación, el mejoramiento de las redes de distribución y conducción, como también el fortalecimiento de las Organizaciones Usuarios de Agua. Estas maniobras aseguraran las actuales superficies de riego y además aumentaran la superficie productiva de un gran sector de la región, aumento que de acuerdo a los proyectos que desarrolla la Dirección de Obras Hidráulicas, podría alcanzar más de 69.000 ha equivalentes. [3]

La Región de Valparaíso tiene una indiscutible vocación logística, gracias a sus condiciones naturales, su localización en la macrozona del país, su infraestructura portuaria junto a su conectividad nacional como internacional, esta actividad es parte de uno de los ejes priorizados por el Gobierno Regional de Valparaíso, y la ubica en un sitio de liderazgo a nivel nacional. Los puertos de San Antonio, Valparaíso y Ventanas, en conjunto movilizan cerca del 50% de los contenedores de la carga marítima nacional. [3]

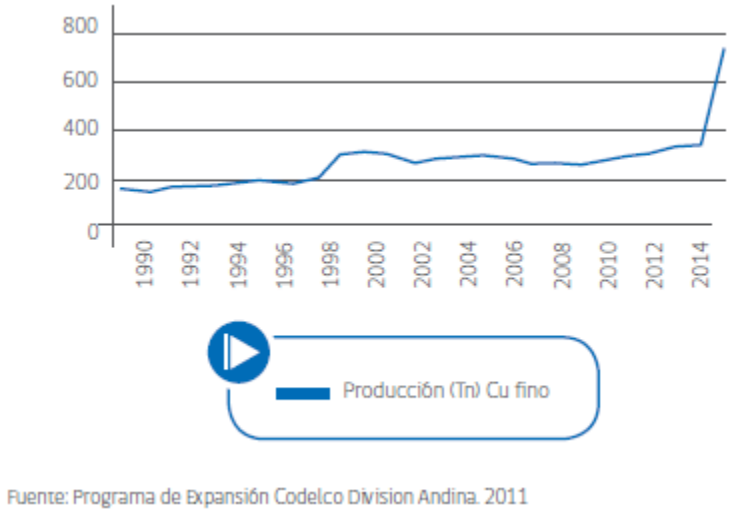
Las cargas de importación, constituyen el 58,08% del total país en 2010, llegando a 43.766.809 toneladas, las cargas de exportación en los puertos regionales fueron un 19,0% del total exportado por el país en el mismo año, siendo los productos frutícolas y la minería los de mayor demanda. [3]



Fuente: Elaboración Equipo DIRPLAN, Región de Valparaíso. 2011

Ilustración 27: Localización actividad logística.

La minería proyecta un crecimiento que alcanzará en todas sus etapas una producción aproximada de 8 veces tu producción actual como muestra la imagen de su plan de expansión, se prevé además que Disputada en la región metropolitana crecerá en la misma proporción y para el teniente en la Región de O'higgins se espera un crecimiento de dos veces su actual producción. Este desarrollo minero en la macrozona centro tendrá grandes repercusiones tanto en el sistema vial como portuario regional. [3]



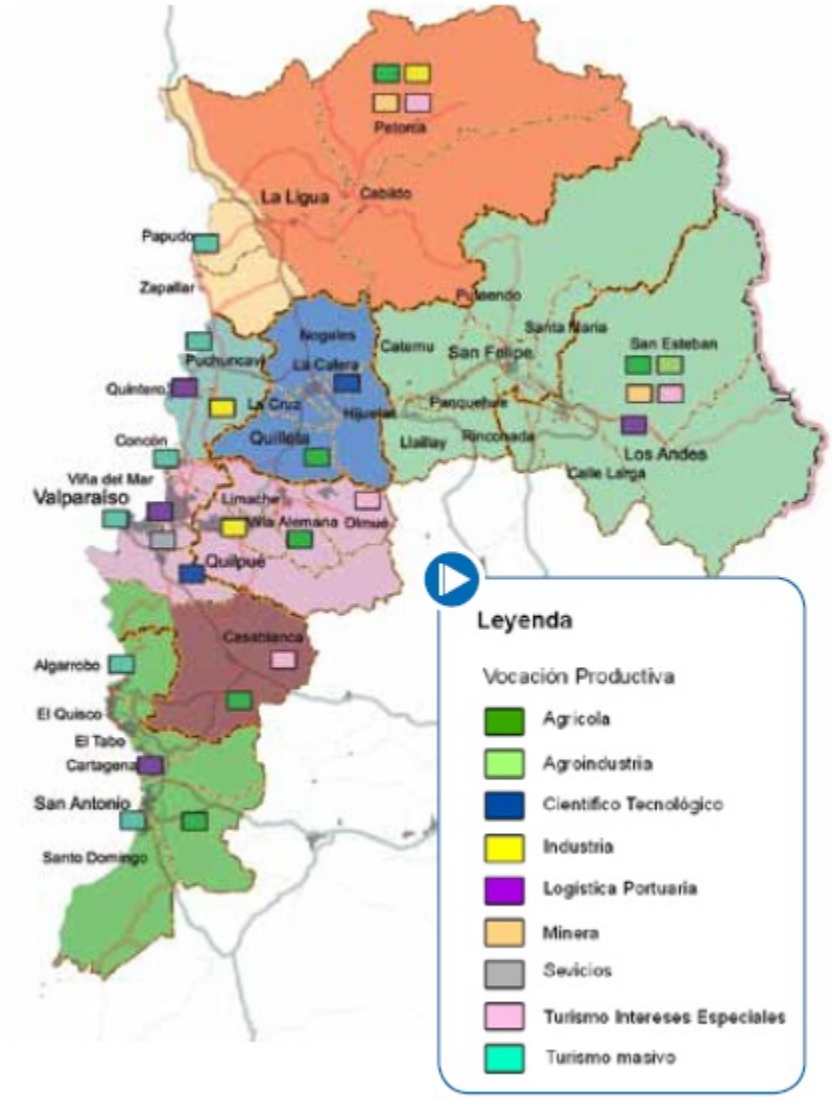
Fuente: Programa de Expansión Codelco División Andina. 2011

Ilustración 28: Producción Andina.

Hablando de la infraestructura portuaria necesaria, se tiene que por cada sitio de atraque se debe tener por obligación 10 ha de respaldo para carga contenedorizada según los estándares internacionales. Todo esto es debido a todas las acciones que se llevan a cabo en el puerto (consolidación y desconsolidación, inspecciones y fiscalizaciones, acopio y almacenamiento). Tanto el puerto de Valparaíso como el de San Antonio se encuentran en proceso de consolidación de sus expansiones, el trabajo respecto a la infraestructura se prioriza en el afianzamiento de la conectividad de los caminos hacia los puertos regionales y la oferta y mantención de estándares de servicio adecuados a las necesidades logísticas. [3]

Entre los ejes priorizados por la Estrategia Regional de Desarrollo, la actividad turística es uno de ellos. Esta actividad genera un aporte al PIB regional de alrededor del 7%, sin embargo, aunque este valor se vea insignificante, este rubro genera una gran cantidad de empleos. El compromiso de la región con el turismo se asocia íntimamente con los destinos turísticos que históricamente ha ofertado, tanto turismo masivo, como de intereses especiales. [3]

Las actividades económicas que se tienen en las subregiones, se pueden apreciar en la siguiente tabla. Esta distribución de las distintas vocaciones productivas que predominan en la región da cuenta de la caracterización de la economía regional respecto de la diversidad de su estructura económica (ERD. 2012). [3]



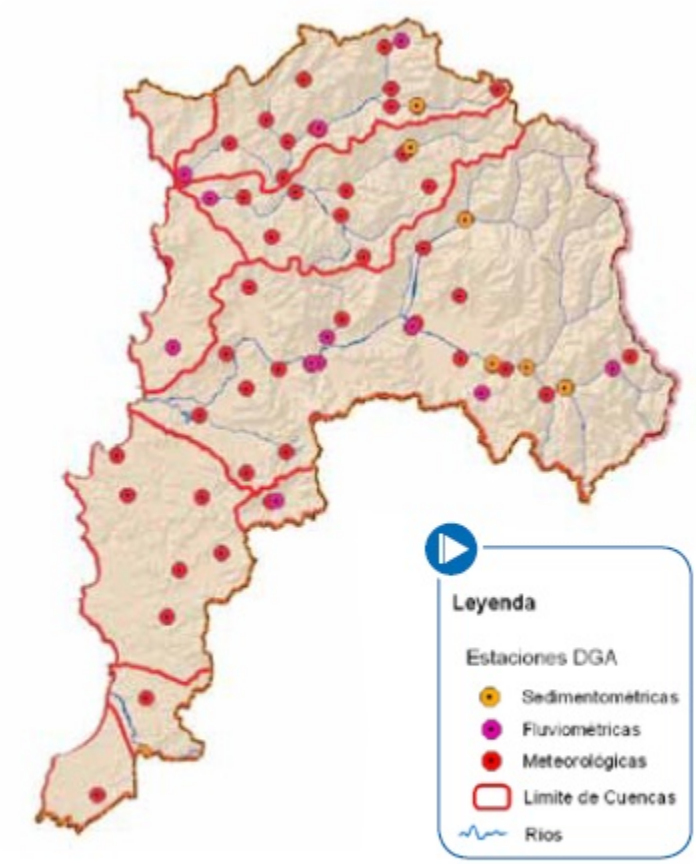
Fuente: Elaboración Equipo DIRPLAN, Región de Valparaíso, en base a ERD. 2012

Ilustración 29: Mapa Vocaciones Productivas.

VI. Gestión del Recurso Hídrico

Infraestructura Hidrométrica

La DGA posee una red de monitoreo y mediciones en los cursos más importantes de la región. Estas estaciones son de carácter fluviométricas, sedimentológicas y meteorológicas, etc. Las estaciones fluviométricas de los cursos más importantes pueden entre información en tiempo real. [3]



Fuente: Elaboración Equipo DIRPLAN,
Región de Valparaíso, en base a información DGA. 2011

Ilustración 30: Estaciones de monitoreo vigentes DGA.

En la siguiente tabla se detallan las estaciones funcionales correspondientes a la red hidrometeorológica regional.

Estaciones de Monitoreo Vigentes	N°
Mide fluviometría	20
Mide calidad del agua	30
Mide meteorología	55
Mide sedimentometría	5
Mide nivel del pozo	121
Mide en nieves	3
TOTAL	

Fuente: Dirección General de Aguas. 2012

Ilustración 31: Estaciones vigentes de la red Hidrometeorológica de la región de Valparaíso.

Sistema de Información de Recursos Hídricos

La mayor parte de la información sobre recursos hídricos nacionales se maneja a través de del Centro de Información de Recursos Hídricos. Sin menospreciar a la entidad anterior, se está trabajando en una nueva plataforma nacional denominada SNIA. [3]

SNIA (Sistema Nacional Información del Agua), trata de una plataforma que pone en disposición a personas y funcionarios(as) de la DGA la información y datos de la DGA que hacen relación al agua, con el fin de apoyar la gestión interna y solucionar consultar ciudadanas, además de entregar productos e información de calidad a todos los usuarios. La idea es que contenta la mayor cantidad de información, datos, estudios y otros temas respecto a recursos hídricos. Dentro de este mismo tema, el SNIA posee dentro de su sistema el Catastro Público de Aguas (CPA), el Banco Nacional de Aguas (BNA), y en el futuro, cualquier otro sistema que contenga o regule información que haga referencia a recursos hídricos. [3]

EL Catastro Público de Aguas, que ha sido ampliado con el Banco nacional de Aguas, trata de ser un instrumento para la gestión de recursos hídricos, sobre las plataformas informáticas que ya se encuentran desactualizadas. [3]

Los desafíos más grandes que presenta este sistema de información son los que se relacionan con el poblamiento con su base de datos y con el requisito de coordinar su contenido con otros sistemas que permitan complementar la correcta evaluación de la situación real de las aguas y de los derechos de aprovechamiento. [3]

La escaza información moderna y sistematizada de recursos hídricos y derechos de aprovechamiento de agua, genera una alteración que imposibilitan una correcta gestión de las aguas, por lo que se vuelve de mucha importancia contar con sistemas de información actualizados que posean la capacidad de ser un medio más útil en la administración de los recursos hídricos, tanto por la DGA como por los usuarios de las aguas y sus organizaciones, a través de información actualizada, completa, fiel y precisa de la situación del recurso. [3]

Certeza Jurídica – Perfeccionamiento de Título

Para la inscripción de un derecho de aprovechamiento de agua en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento del Catastro Público de Aguas de la DGA, es preciso que los respectivos títulos se encuentren completos y regularizados. A su vez, la inscripción en la CPA es condición para realizar toda clase actos respecto de ellos ante la DGA y la superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). [3]

Se cuenta con un método de perfeccionamiento o regularización de título, que debe hacerse mediante el procedimiento sumario establecido en el Código de Procedimiento Civil, de acuerdo a los criterios y presunciones que establece la ley en los artículos 309, 310, 311, 312 y 313 del Código de Aguas, y demás pertinentes. Se estima que la cantidad de derechos imperfectos a nivel nacional asciende aproximadamente a 300.000. [3]

Lo mencionado anteriormente provoca incertidumbre jurídica a los titulares o atraídos en la obtención de derechos de agua, dificulta el traspaso de derechos de aprovechamiento, y el desarrollo de inversiones en proyectos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC). [3]

Situación de Productos Estratégicos de la Dirección General de Aguas (DGA)

De acuerdo a lo establecido en el D.F.L N°850 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas, el Código de Aguas y Ley de Bases del Medio Ambiente, sobre todo los productos estratégicos de la DGA

son: fiscalización, solicitudes asociadas al otorgamiento y ejercicio de derechos de aprovechamiento de agua y pronunciamientos ambientales. [3]

Fiscalización

En dos años, las denuncias por abuso del recurso han aumentado en gran cantidad, debido a esto, la región se ha visto con un incremento en lo que a fiscalizaciones respecta.

	2011			Ene - Sep 2012	
	Ingresados	Resueltos	Pendientes	Ingresados	Resueltos
Denuncia	161	144	17	85	83
Inspección	88	58	30	74	58
Consulta escasez	51	51	0	82	82
Total	**300**	**253**	**47**	**241**	**223**

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso, 2011 - 2012

Ilustración 32: Fiscalizaciones.

Resolución de Expedientes asociados a Otorgamiento y Ejercicio de Derechos Aprovechamiento de Aguas

En el año 2011 se resolvieron 302 expedientes relativos a solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas, con un porcentaje de cumplimiento de la meta colectiva del 102%, mientras que en el año en curso (30/09) se han resuelto 312 peticiones, equivalente a un 84% del cumplimiento total de la meta colectiva impuesta para 2012. [3]

Resolución Expedientes	Stock Inicial año	Ingresados	Resueltos
2011	501	361	302
Ene - Sep 2012	558	425	312

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso, 2011 - 2012

Ilustración 33: Resolución Expedientes.

En lo relacionado a aguas superficiales, actualmente se está reevaluando el estudio de disponibilidad de las cuencas de los ríos de La Ligua y Petorca. En las otras cuencas se tienen impedimentos administrativos en ciertos lugares que han ampliado los plazos habituales de tramitación, principalmente los remates de aguas. [3]

Por otro lado, en aguas subterráneas, el acuífero de la cuenca del río Aconcagua se encuentra en reevaluación, lo que se traduce en paralización de más de 300 expedientes, pero al mismo tiempo, en el último trimestre del año 2011 se terminó el estudio de revaluación de la disponibilidad de 36 sectores acuíferos de cuencas costeras, lo que dio paso a la resolución de aproximadamente 60 solicitudes. [3]

Es importante mencionar que actualmente se están llevando a cabo interesantes consultorías de apoyo que permitirán la resolución de cerca de 3.500 expedientes ingresados con cargo del artículo 4° Transitorio de la ley 20.017 de 2005 que modificó el Código de Aguas. Además de la constitución de solicitudes ingresadas por comités de APR en virtud de lo señalado en el artículo 6° de la ley antes mencionada. [3]

Pronunciamientos Ambientales

Respecto a los pronunciamientos ambientales que son parte de las competencias de la DGA, durante el año 2011 hubo 89 pronunciamientos y a Septiembre 2012 se ha pronunciado en 95 casos. [3]

Pronunciamientos Ambientales	Ingresados	Resueltos	Pendientes
2011	89	89	0
Ene - Sep 2012	95	95	0

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso, 2011 - 2012

Ilustración 34: Pronunciamientos ambientales.

Situación de los Recursos Hídricos respecto a la Disponibilidad

Diagnóstico de la Demanda

Tomando en cuenta las nuevas hectáreas que se incorporarán a la agricultura, relacionadas a los proyectos de grandes obras de riego y a los proyectos mineros, más el aumento de la población y la actividad industrial, se tiene que la demanda estimada al año 2021 alcanza poco menos de 37 m^3/s. [3]

Esta proyección fiel y conservadora a la vista de las políticas de estado en materias de agricultura y minería que ha asumido el país, durante varios años. [3]

Como ejemplo, la superficie agrícola debería aumentar en 69.000 ha, según el desarrollo de grandes obras de regadío que impulsa la Dirección de Obras Hidráulicas, mientras que la producción de cobre debería cuadriplicarse, tomando en cuenta únicamente los planes de expansión de la División Andina de Codelco. [3]

Demandas por Uso	Agrop.	Agua Potable	Indust.	Minero	Energía	Forestal	Turismo	Receptor Contam.	Caudal Ecológico	Totales (m^3/s)
Situación Actual (m^3/s)	35,6	4,3	4,5	0,9	87,8	0,0	0,0	4,4	14,5	152,0
Situación Futura (m^3/s)	50,6	4,4	11,1	3,7	99,8	0,1	0,0	4,4	14,5	188,5
Déficit Estimado (m^3/s)										-36,5

Fuente: Elaboración DIRPLAN Región de Valparaíso, en base a estudio "Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona II. Regiones V a XII y Región Metropolitana", realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores en el año 2007, para la D.G.A.

Ilustración 35: Demandas de agua por uso - Situación actual y futura.

Estos 36,525 m3/s solicitados para mantener la sustentabilidad y desarrollo de la región, son una cifra inquietante. El constante cambio en el clima, reflejado en los continuos períodos de escasez hídrica, sumado a los problemas por los distintos usos del agua, provocan escenarios complejos y

difíciles de afrontar. La resolución de estos problemas es el gran desafío de la región en materias de administración del recurso hídrico. [3]

Análisis Oferta – Demanda

El constante aumento de la demanda por parte de los distintos sectores productivos y consumo humano, no ha ido junto con un crecimiento de disponibilidad asociado al cambio climático, que ha afectado a la región con un largo tiempo de escasez hídrica que ha durado cerca de tres años. [3]

La situación que se tiene ha provocado una mayor demanda sobre el recurso hídrico (cantidad y calidad) y por lo tanto, un alza en los casos de conflicto entre los distintos involucrados. Debido a lo anterior, es de mucha importancia abarcar terreno en el desarrollo de iniciativas innovadores que apunten hacia el fortalecimiento de institucionalidad pública y privada, la mejora del nivel de conocimiento sobre cómo funciona la oferta y demanda que afecta al recurso hídrico, y el desarrollo de infraestructura eficiente de regulación, control y distribución. [3]

VII. Determinación de Brechas

Recursos Hídricos

Desarrollo Económico

Disponibilidad y facilidad de acceso al recurso para desarrollo de la actividad industrial (agroindustria, agroalimentaria, minería, manufactura).

Otorgar seguridad de riego a zonas de desarrollo de todo el sector agricultor.

Población

Se deberán definir planes de cobertura que busquen optimizar la sustentabilidad del consumo humano en particular en zonas urbanas e interurbanas (agua potable rural, cobertura y calidad de agua).

Incorporación de innovación e investigación en la identificación de nuevas fuentes de agua.

Definir un modelo de gobernanza sustentable del agua, a nivel de cuencas, que responda a las necesidades regionales.

Fuente: [12]

Brechas de infraestructura y de Gestión Hídrica por Ejes de Desarrollo

Eje Hídrico

La disponibilidad del recurso hídrico se debe estudiar según los diferentes derechos que maneja la legislación vigente.

En aguas superficiales para derechos de tipo consuntivo y permanente, si bien la facilidad de disponer de los recursos es cada vez más difícil, sólo se tienen declaradas agotadas la 1ra sección del Río Aconcagua y la cuenca del Río Putaendo. [3]

Para el caso de aprovechamiento de aguas del tipo eventuales y discontinuos aún existen disponibilidades en todas las cuencas. [3]

De esta misma forma, en el caso de derechos no consuntivos, se requiere de un análisis local para determinar la factibilidad de nuevos otorgamientos.

En el caso de las aguas subterráneas, de un total de 63 acuíferos definidos en la región, sólo 9 (14%) se encuentran declarados como áreas de restricción sin oportunidad de constituir derechos permanentes ni provisionales, en los cuales existe una sola vía para adquirir derechos de aprovechamiento mediante el mercado del agua. Además, 25 sectores acuíferos no poseen estudios de disponibilidad o se encuentran en revaluación de la disponibilidad a nivel de fuente (40%), por otro lado, 29 sectores acuíferos de aprovechamiento cuentan con estudios y con disponibilidad para constituir nuevos derechos (46%). [3]

Lo señalado en los párrafos anteriores, da respuesta a la situación en años promedios o normales, pero no a períodos de escasez hídrica, como la que ha afectado a la región en los últimos años, en donde disponibilidad disminuye con respecto a los derechos de aprovechamiento de cada uno de los titulares, aumentando la lucha por el uso de agua y los conflictos asociados. Debido a esto, es que la urgencia de avanzar en el fortalecimiento de la gestión pública y privada, la actualización de sistemas de infraestructura de regulación, control y distribución, y el desarrollo de medidas que aumenten la protección y conservación del agua. [3]

En las tablas siguientes se muestran las disponibilidades de recursos hídricos superficiales a cierre de cuencas, para derechos permanentes y eventuales.

Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Ligua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Río Petorca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Río Maipo	2,9	0	0	0	31,6	26,7	40,6	33,0	0,9	0	1,8	5,2
Río Aconcagua	0	0	0	0	3,4	6,0	8,8	8,3	3,1	0	0	0

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso. 2012

Ilustración 36: Disponibilidad derechos permanentes a cierre de cuencas [m3/s].

Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Ligua	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1,8	0,5	1,0	1,0	0
Río Petorca	0	0	0	0	0	0,4	0,0	2,2	2,9	5,4	6,4	0
Río Maipo	265,9	133,1	100,6	89,0	153,9	303,9	430,0	257,4	175,7	139,2	174,2	306,9
Río Aconcagua	10,4	0	0	7,9	20,3	79,6	92,3	80,2	60,4	45,6	54,8	56,5

Fuente: Dirección General de Aguas Región de Valparaíso. 2012

Ilustración 37: Disponibilidad derechos eventuales a cierre de cuencas [m3/s].

Nº	Brechas de la Infraestructura de Recursos Hídricos
1	No existen grandes obras de embalsamiento y regulación, en los principales cursos de la región. No obstante hay numerosas solicitudes de derechos de aprovechamiento solicitadas y otorgadas, está pendiente la construcción de obras de regulación correspondientes.
2	Hay, en algunos sectores agrícolas de la región, un alto déficit de obras de tecnificación del riego. Se constata una alta ineficiencia en el uso del recurso para riego. Por ejemplo, en la primera sección del río Aconcagua la cobertura de riego tecnificado es muy baja y grandes extensiones son regadas por "riego tendido", ocupando mucha más agua de la necesaria en desmedro de otros sectores con altos déficit.
3	Se debe avanzar con urgencia en sistemas modernos de control de extracciones de aguas superficiales y subterráneas, que permitan hacer un uso eficiente y conforme a derecho. Las obras de captación, control y distribución no cuentan con estándares de eficiencia y calidad. Las obras de captación distribución de las aguas de riego han quedado obsoletas e ineficaces (bocatomas sin compuertas, canales sin revestimiento, precarias obras de arte, entre otras).
4	Falta aumentar la cantidad de estaciones de la red hidrometeorológica regional de la DGA, tanto para la medición en cuencas insuficientemente moniteoredas, como para el control de acuíferos críticos.
5	No hay innovación en los proyectos de riego y de agua potable que se desarrollan, por ejemplo: fuentes alternativas de energía para los sistemas de agua potable; incorporación de proyectos hidroeléctricos; riego presurizado, entre otras.
6	Existe un alto déficit en obras de saneamiento rural, fundamentalmente sistemas de alcantarillado rural.
7	La region cuenta con dos planes maestros de aguas lluvia decretados y dos terminados y tecnicamente aprobados con decreto pendiente, en el corto plazo se requiere seguir avanzando en el mejoramiento o la ejecución de colectores u obras que se hagan cargo del problema de inundaciones por causa de las aguas lluvia en las principales ciudades de la región interior. Quillota y sus alrededores, San Antonio, San Felipe, Los Andes, no cuentan con Planes Maestros aprobados que permitan la intervención del Ministerio de Obras Públicas.

Fuente: Elaboración equipo Dirplan y DGA Región de Valparaíso. 2011 - 2012

Ilustración 38: Brechas de la infraestructura de Recursos Hídricos.

Nº	Brechas de Gestión Hídrica
1	Se requiere el avance en el análisis y estudios de temas legales y/o regulaciones adecuadas que potencien y permitan efectivamente el desarrollo de proyectos innovativos, como por ejemplo, obras que contribuyan a la recarga artificial de los acuíferos.
2	No hay modelos matemáticos y de gestión que permitan integrar el funcionamiento y operación, de proyectos innovativos, con la explotación sustentable de los embalses subterráneos, que permitan uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, generando de ese modo importantes sinergias.
3	Se requiere un mayor énfasis, de parte del sector público, tendiente a coordinar y estimular la aplicación de políticas que apunten a lograr un mayor involucramiento de las organizaciones de usuarios, en el desarrollo de nuevos proyectos y en la discusión de políticas hídricas. Son éstos quienes, en un escenario moderno, deberán gestionar el recurso y formular los correspondientes planes de inversión, considerando las particulares características de su territorio.
4	Se requiere una política y recursos asignados al monitoreo de la calidad de las aguas, gestión que permitirá el desarrollo de planes y programas que apunten a la mejoría de las condiciones ambientales como así también establecer estándares de calidad para el uso del recurso.

Fuente: Elaboración Equipo Dirplan Región de Valparaíso. 2011

Ilustración 39: Brechas de Gestión Hídrica.

VIII. Gestión de Riesgos

Todo tipo de organizaciones se ven afectadas a factores internos como externos, factores que dan un escenario incierto en lo que respecta al alcance de objetivos. Esta incertidumbre provoca un efecto en los objetivos, el cual es lo que se denomina como “riesgo” por parte de las organizaciones. [4]

Todas las acciones y actividades de una organización que implican un riesgo. Las organizaciones gestionan el riesgo mediante la identifican del riesgo, su análisis y finalmente su evaluación, de tal manera de decidir si debe ser aplicado el tratamiento de riesgo, con el fin de satisfacer sus criterios de riesgo. Mediante este proceso, las organizaciones se comunican y consultan con las partes involucradas, monitorean y revisan el riesgo y los factores que lo están modificando con el fin de asegurar que no se requiere tratamiento adicional de riesgo. Esta norma describe este proceso sistemático y lógico en detalle. [4]

A pesar de que todas las organizaciones gestionan el riesgo en algún nivel, esta norma establece una serie de principios que es urgente satisfacer para hacer que la gestión del riesgo sea eficaz. Esta norma aconseja que las organizaciones desarrollen, implementen y mejoren continuamente un marco de referencia cuyo fin sea incluir el proceso para la gestión del riesgo en los procesos globales de gobierno, estrategia y planificación, gestión, procesos de presentación de informes, políticas y valores y cultura de la organización. [4]

La gestión del riesgo se puede aplicar a toda la organización, en todas sus áreas y niveles, en cualquier momento, así como a trabajos, proyectos y actividades en específico. [4]

La práctica de la gestión de riesgos se ha desarrollado con el pasar del tiempo y en diversos sectores para satisfacer distintas necesidades, la inclusión de consistentes dentro de un marco de referencia completo puede ayudar a asegurar que el riesgo se gestiona eficiente, eficaz y coherentemente con toda la organización. El enfoque genérico que se describe en esta norma suministra los principios y las directrices para la correcta gestión de cualquier tipo de riesgo de una manera sistemática, transparente y creíble, en cualquier alcance y contexto. [4]

Cada sector en particular o cada uso de la gestión de riesgo traen consigo demandas, audiencias, percepciones y criterios individuales. Por lo tanto una característica clave de esta norma es la incorporación del “establecimiento del contexto” como una actividad al comienzo de este proceso genérico para la gestión de riesgo. Al fijar el contexto se visualizan los objetivos de la organización, el entorno en el cual ella persigue sus objetivos, sus partes que los involucran y los distintos criterios de riesgos, todo esto en unión ayudará a declarar y evaluar la naturaleza y complejidad de sus riesgos. [4]

La relación entre los principios para la gestión del riesgo, el marco el marco de referencia en el cual este aparece y los procesos de gestión del riesgo descritos aquí se ilustran en la siguiente figura:

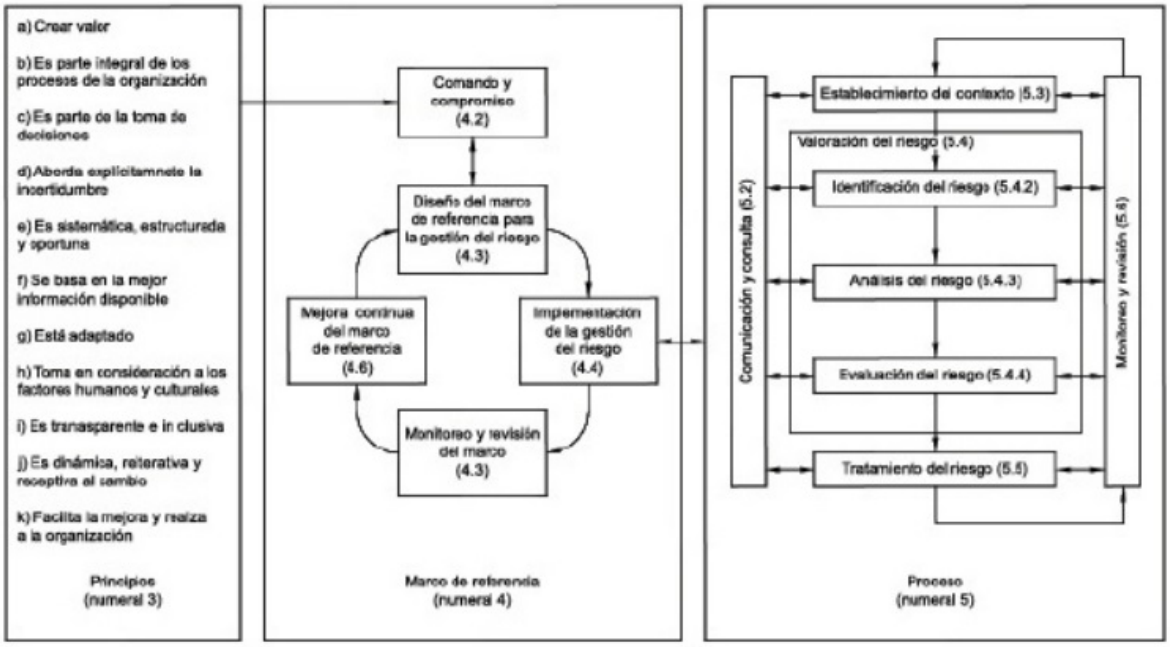


Ilustración 40: Relaciones entre los principios, el marco de referencia y los procesos para la gestión del riesgo [4]

Cuando la gestión del riesgo se aplica y se mantiene de acuerdo a esta norma, dicha gestión según [4] le permite a la organización, entre otros:

- Aumentar la probabilidad de alcanzar los objetivos.
- Fomentar la gestión proactiva.
- Ser consciente de la necesidad de identificar y tratar los riesgos en toda la organización.
- Cumplir con los requisitos legales y reglamentarios pertinentes y con las normas internacionales.
- Mejorar la presentación de informes obligatorios y voluntarios.
- Mejorar el gobierno.
- Mejorar la confianza y honestidad de las partes involucradas.
- Establecer una base confiable para la toma de decisiones y la planificación.
- Mejorar los controles.
- Asignar y usar eficazmente los recursos para el tratamiento del riesgo.
- Mejorar la eficacia y la eficiencia operativa.
- Incrementar el desempeño de la salud y la seguridad, así como la protección ambiental.
- Mejorar la prevención de pérdidas y la gestión de incidentes.
- Minimizar las pérdidas.
- Mejorar el aprendizaje organizacional.
- Mejorar la flexibilidad organizacional.

Esta norma está enfocada a llenar las necesidades de un rango amplio de partes involucradas, incluyendo:

A) A los encargados del desarrollo de la política de gestión del riesgo dentro de la organización.
B) A los encargados de garantizar que el riesgo se gestiona eficazmente dentro de la organización como unidad o dentro de un área, proyecto o actividad específicos.

C) A los encargados que necesitan evaluar la eficiencia de una organización en cuanto a la gestión del riesgo.
D) A los encargados que desarrollan normas, guías, procedimientos y códigos de práctica que, parcial o totalmente, establecen la manera de gestionar el riesgo dentro del contexto específico de estos documentos.

1.- Objeto

Esta norma brinda los principios y las directrices genéricas sobre gestión del riesgo. [4]

Esta norma puede ser usada por cualquier empresa pública, privada o comunitaria, asociación, grupo o individuo. Por lo tanto, no es específica para ninguna industria o sector. [4]

NOTA: Por conveniencia, se denomina con el término general "organizaciones" a todo posible usuario de esta norma. [4]

Esta norma se puede usar durante todo el tiempo de vida de una organización y a un extenso rango de actividades, incluyendo estrategias y decisiones, operaciones, procesos, funciones, proyectos, productos, servicios y activos. [4]

Esta norma puede ser usada contra cualquier tipo de riesgo, de diversa naturaleza, ya sea que tenga efectos positivos o negativos. [4]

Aunque esta norma provee de directrices genéricas, no busca promover la uniformidad de la gestión del riesgo en todas las organizaciones. Será imprescindible que el diseño y la implementación de planes y marcos de referencia para la gestión del riesgo tomen en cuenta las distintas necesidades de una organización en particular, sus objetivos específicos, contexto, estructura, operaciones, procesos, funciones, proyectos, productos, servicios o activos, y las prácticas específicas empleadas. [4]

Se busca que esta norma sea usada para coordinar los procesos de la gestión del riesgo en las normas actuales y futuras. Suministra un enfoque común en apoyo de las normas que trabajan con riesgos, sectores específicos, o incluso ambos, y no reemplaza tales normas. [4]

Esta norma no está destinada para fines de certificación. [4]

2.- Marco de Referencia

El triunfo de la gestión de riesgo dependerá de la efectividad del marco de referencia para la gestión, el cual entrega todas las bases y las disposiciones que se agregaran en todos los niveles de la organización. EL marco ayuda a la gestión eficaz del riesgo a través de la aplicación del proceso para la gestión del riesgo (numeral 5) en los distintos pisos y contextos específicos de la organización. EL marco asegura que la información sobre el riesgo derivada del proceso para la gestión del riesgo se informe de manera adecuada y se utilice como base para la toma de decisiones y la rendición de cuentas en todos los niveles pertinentes de la organización. [4]

Este esquema describe los componentes que se necesitan para el marco de referencia para gestionar el riesgo y la forma en que ellos se interrelacionan de manera reiterativa, tal como se muestra en la siguiente figura:

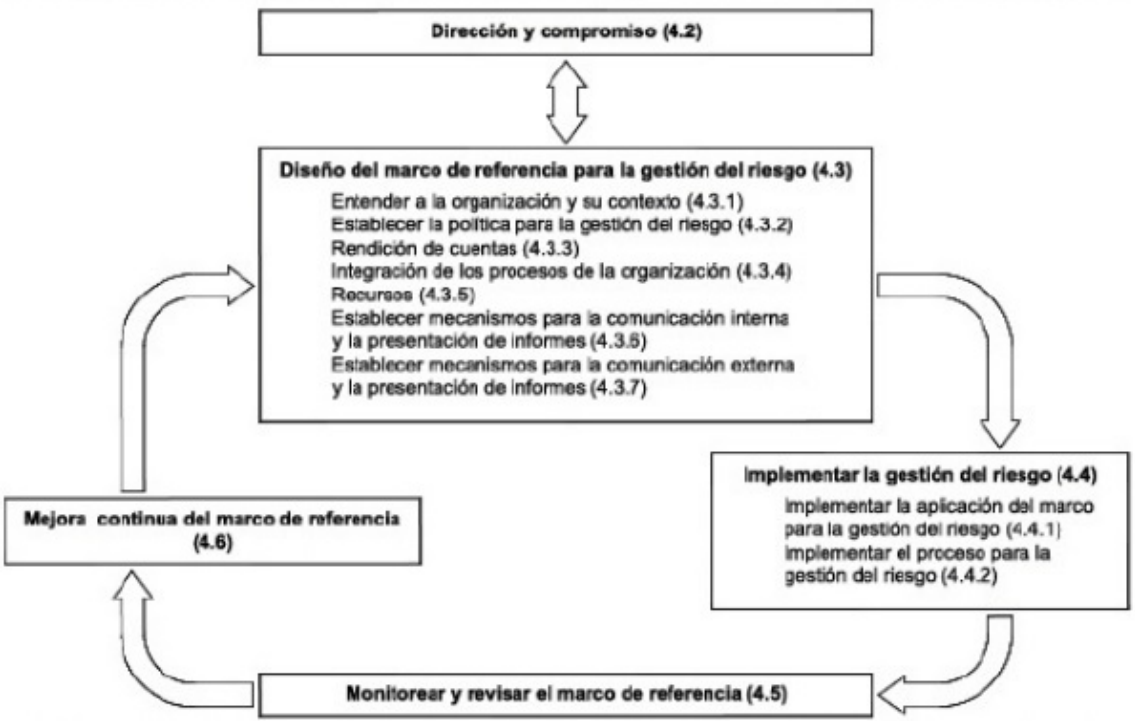


Ilustración 41: Relación entre los componentes del marco de referencia para la gestión del riesgo [4]

Este marco de referencia no tiene como fin prescribir un sistema de gestión sino entregar a la organización la integración de la gestión del riesgo en su sistema de gestión global. Por lo que las organizaciones deberían adaptar los componentes del marco a sus necesidades específicas. [4]

Si las prácticas y procesos de gestión existentes de la organización incluyen componentes de la gestión de riesgo, o si la organización ya ha adoptado un proceso formal para la gestión del riesgo para tipos particulares de riesgo o situaciones, entonces estos se deberán revisar y valorar de forma crítica frente a esta norma, incluyendo los atributos del anexo A, con el fin de determinar su eficacia y conveniencia. [4]

2.1.- Dirección y Compromiso

La aplicación de la gestión de riesgo, y asegurar su eficacia continua, necesita de un compromiso fuerte y sostenido por parte de la dirección de la organización, así como de planificación estratégica y rigurosa para lograr el compromiso a otro nivel. Según [4],la dirección debería:

- Definir y aprobar la política para la gestión del riesgo.
- Garantizar que la cultura de la organización y la política para la gestión del riesgo están alineadas.
- Determinar indicadores del desempeño de la gestión para el riesgo que estén acordes con los indicadores de desempeño de la organización.
- Alinear los objetivos de la gestión del riesgo con los objetivos y las estrategias de la organización.
- Garantizar la conformidad legal y reglamentaria.
- Asignar obligaciones y responsabilidades en los niveles respectivos dentro de la organización.
- Garantizar que se asignan los recursos necesarios para la gestión del riesgo.

- Comunicar los beneficios de la gestión del riesgo a todas las partes involucradas
- Garantizar que el marco de referencia para gestionar el riesgo sigue siendo adecuado

2.2.- Diseño del marco de referencia para la gestión del riesgo

2.2.1.- Entender a la organización y su contexto

Se puede entender la gestión de recursos hídricos como el conjunto de medidas, procedimientos y prácticas enfocadas en la maximización del beneficio proveniente de su uso. La urgencia de hacer una gestión en torno a cualquier recurso está relacionada con su grado de escasez. Un recurso en cantidad no necesita gestión. En el caso del agua, que es un bien nacional de uso público, lo que se busca maximizar a través de su gestión, es el beneficio social. [5]

La gestión de recursos hídricos en particular tiene como fin tres objetivos según [5]:

- El aprovechamiento óptimo del bien, enfocado a la utilización integral del recurso, con el fin de un mayor desarrollo de la cuenca.
- La sustentabilidad del recurso en el tiempo, a través de las acciones de manejo, conservación, control, protección y recuperación, que permitan un aprovechamiento en el largo plazo
- La paz social, que incluye oportunidad de administración, coordinación, información y educación y cuyo objetivo principal es el lograr una participación activa e informada de los interesados

Ya con los objetivos establecidos para los recursos, según [5] se desprenden las siguientes ideas:

1. Reconocer que el recurso hídrico es uno solo y que el nombre con el que se le denota es de "cuenca", por lo que todos los sectores económicos tienen que tener en claro que comparten exactamente el mismo bien y que por lo tanto deben ser solidarios entre si, para una distribución uniforme y consciente.
2. La exigencia de que exista una entidad reguladora de la cuenca, que entienda este sentido unitario que se le da, que pueda mantenerlo con el paso del tiempo y que sea empático respecto a todas las actividades relacionadas al agua.
3. Entender al agua como un agente económico, necesario para la producción del quehacer nacional. Dicho en otras palabras, al agua se le debe poner un precio, característica irrenunciable de cualquier bien necesario.
   En relación al agua se debe entender:
   - El derecho de agua en cuencas agotadas.
   - La cantidad o flujo de agua en épocas de sequía.
   - La calidad del agua en zonas de mucha contaminación.
   - La oportunidad de abastecimiento del agua donde hay centrales hidroeléctricas que alteren el régimen hidrológico.

Dicho lo anterior, notamos que sin importar la forma en que se ejecute la gestión de recursos hídricos, con o sin propiedad privada sobre los derechos, se ve que una correcta gestión del recurso hídrico según [4] debe considerar:

- Primero, un sistema de precio para el recurso hídrico carente, sea este bien el derecho, el caudal, la cualidad o la conveniencia, reconociendo este activo como un bien económico. En este momento es de mucha importancia entender que el no cuantificar económicamente con un valor al agua, en donde es limitada, provoca que los consumidores no la utilicen de

manera consciente, lo que transversalmente afecta a la población en general. Por lo tanto, el poner un precio al recurso hídrico, tiene como fin generar un límite en su uso indiscriminado, logrando un mayor bienestar en la población.

- Segundo, la gestión del recurso hídrico requiere de una administración del bien agua desde la cuenca. La administración debe hacer notar la compaginación de los consumidores con la repartición del bien.

2.2.2.- Establecer la política para la gestión del riesgo

La política de este trabajo consiste en generar conciencia respecto a los recursos hídricos, establecer sus cuidados y diversos usos dentro de la región de Valparaíso, de tal manera que se llegue a una correcta gestión de ellos para lograr un correcto desarrollo regional hacia tiempos futuros.

La creciente demanda del agua, su uso indiscriminado en la industria, minería y riego, sumado además al cambio climático que deja a la región de Valparaíso con una falta de disponibilidad del 50% para 2025, deja en evidencia la necesidad de una gestión de riesgos para recursos hídricos. [3]

La gestión de recursos hídricos basada en riesgo tiene como obligación contar con información completa y fidedigna, velar por el bien de los recursos hídricos de la región y minimizar el impacto hacia el futuro de la región. Además la gestión de recursos hídricos basada en riesgo es responsable de actualizarse y retroalimentarse en función del tiempo, contando siempre con nuevas ideas e iniciativas. [4]

Bajo ningún punto de vista pueden existir conflictos de interés respecto a la gestión del riesgo en recursos hídricos, en caso de que esto ocurra, se deberá establecer un tratado o ley que regule esta situación de la mejor manera. [4]

La manera en que se medirá desempeño de la gestión del riesgo en recursos hídricos es mediante el impacto y demanda que este bien generará en las generaciones futuras, utilizando indicadores o estudios que muestren si hay un exceso en la necesidad y si se cuenta con el “stock” para cubrirla.

Junto a lo anterior, si no se tienen resultados positivos, la gestión de riesgos en recursos hídricos debe proponer un cambio en las políticas y el marco de la gestión de riesgos, además de informarlo de manera adecuada. [4]

2.2.3.- Rendición de cuentas

2.2.4.- Integración de los procesos de la organización

La gestión de riesgos debe implementarse en todos los focos en los que a recursos hídricos respecta de una manera que sea pertinente, eficaz y eficiente. El proceso para la gestión del riesgo se debería convertir en parte, no independiente, de los usos de las aguas. A modo particular, la gestión de riesgo se debería incluir en el desarrollo de la política y la planificación estratégica, la revisión y en los procesos de gestión del cambio. [4]

Deberá diseñarse un plan para la gestión del riesgo en todo lo ancho de los recursos hídricos para garantizar que se implementa la política para la gestión del riesgo y que la gestión del riesgo está incluida en todos los usos de los recursos hídricos. El plan para la gestión del riesgo se podría integrar en otros planes de los recursos hídricos. [4]

2.2.5.- Recursos

Para una correcta gestión del riesgo en recursos hídricos, se deberá contar con personas capacitadas en el ámbito hídrico que cuenten con experiencia, habilidades y competencia.

Además se cuenta con ayuda de la Dirección General de Aguas, el Ministerio de Obras Públicas y ONG's especialistas en el recurso hídrico para una correcta gestión del riesgo.

Junto a lo anterior se tienen una serie de documentos que hacen referencia a los recursos hídricos nacionales.

2.2.6.- Mecanismos para la comunicación interna y la presentación de informes

Para una correcta comunicación y esparcimiento de la información, se deberá enviar esta a toda persona interna involucrada en lo que a gestión de riesgos en recursos hídricos respecta.

Este mecanismo según [4] deben garantizar que:

- Los componentes claves del marco para la gestión del riesgo y todas las modificaciones posteriores deben ser comunicadas de manera correcta e inmediata.
- Se debe realizar un reporte interno adecuado acerca del marco, su eficacia y resultados.
- La información que se desprende de la aplicación de la gestión de riesgos debe estar disponible en los niveles y los momentos convenientes.
- Se cuentan con procesos para la consulta con las partes involucradas internas.

2.2.7.- Mecanismos para la comunicación externa y la presentación de informes

Al igual que en el inciso anterior, para una correcta comunicación y esparcimiento de la información, se deberá enviar esta a toda persona externa involucrada en lo que a gestión de riesgos en recursos hídricos respecta.

Este mecanismo según [4] debe garantizar que:

- Involucrar apropiadamente las partes interesadas externas y garantizar un intercambio efectivo de la información.
- Reporte externo para cumplir con los requisitos legales, reglamentarios y del gobierno.
- Brindar retroalimentación e informes sobre la comunicación y las consultas.
- Usar la comunicación para crear confianza en la organización.
- Comunicarse con las partes involucradas en el evento de una crisis o contingencia.

2.3.- Implementar la Gestión de Riesgos

2.3.1.- Implementar el marco de referencia para gestionar el riesgo

Lo primero es definir un tiempo razonable para la implementación del marco de referencia. Seguido de esto, la estrategia a seguir para la implementación del marco de referencia debe realizarse cuidadosamente, sin dejar ningún punto fuera en lo indicado en "Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos" de la DGA (2008).

Luego se debe aplicar el proceso y la política para la gestión del riesgo en los recursos hídricos, cumpliendo al pie de la letra los requisitos legales y reglamentarios. [4]

Se debe garantizar a través de informes que la toma de decisiones, desarrollo y establecimientos de objetivos está en línea con los resultados de los procesos para la gestión de riesgos, junto a esto se deben hacer sesiones de información y capacitación para una correcta evolución. [4]

Para cerrar la parte de la implementación del marco de referencia, una vez hecho lo mencionado anteriormente, se debe comunicar y consultar a las partes involucradas para asegurar que el marco de referencia para la gestión del riesgo sigue siendo adecuado. [4]

2.3.2.- Implementar el proceso para la gestión del riesgo

La gestión se debería implementar garantizando que el proceso para la gestión del riesgo se aplica en todos sus niveles y las funciones pertinentes de la organización como parte de sus prácticas y procesos. [4]

2.3.3.- Monitorear y Revisar el Marco de Referencia

Con la finalidad de que la gestión de riesgos sea eficaz y continúe sustentando el desempeño de los recursos hídricos, según [4], la organización debería:

- Medir el desempeño de la gestión del riesgo frente a los indicadores, los cuales se revisan periódicamente para determinar su competencia.
- Medir periódicamente el progreso frente al plan para la gestión de riesgo y las desviaciones respecto a este.
- Revisar periódicamente si el marco de referencia, la política y el plan para la gestión de riesgo siguen siendo adecuados, según el contexto interno y externo de la organización
- Presentar informes sobre el riesgo, el progreso con el plan para la gestión del riesgo y sobre que tanto se cumple la política para la gestión del riesgo
- Revisar la eficacia del marco de referencia para la gestión del riesgo.

2.4.- Mejora continua del Marco de Referencia

Gracias al monitoreo y revisiones, se deberán tomar decisiones sobre cómo se podría actualizar y mejorar el marco de referencia, la política y el plan para la gestión de riesgos. Estas resoluciones deberían dar paso a nuevas mejoras en la gestión del riesgo de la organización y en su cultura de la gestión de riesgo. [4]

3.- Proceso

3.1.- Generalidades

El proceso para la gestión del riesgo para recursos hídricos, según [4] debe ser:

- Ser parte integral de la gestión.
- Estar incluido en la cultura y las prácticas.
- Estar adaptad a los procesos de la organización.

3.2.- Comunicación y Consulta

La comunicación y la consulta con todos los implicados externos e internos deberán tener lugar durante todas las etapas del proceso para la gestión de riesgo. [4]

Se deben desarrollar rápidamente las ideas para la comunicación y la consulta. Éstos deben abordar focos con el propio riesgo, sus causas, consecuencias (si se conocen) y los planes de mitigación que

se usan para tratarlo. Es adecuado que la comunicación y las consultas externas e internas sean eficaces para garantizar que aquellos responsables de la aplicación del proceso para la gestión del riesgo y las partes involucradas entiendan las bases sobre las cuales se toman las decisiones y las razones por las cuales se requieren acciones particulares. [4]

El equipo consultor, según [4] debe:

- Ayudar a definir claramente el contexto.
- Asegurar que se tiene claridad y se incluyen los intereses de las partes involucradas.
- Ayudar a asegurar que los riesgos están correctamente identificados.
- Juntar diferentes áreas de experticia para analizar los riesgos.
- Asegurar que los distintos puntos de vista se toman en cuenta al definir los criterios del riesgo y evaluar el riesgo.
- Asegurar la aprobación y el soporte para el plan de tratamiento.
- Promover la gestión adecuada del cambio durante el proceso para la gestión del riesgo.
- Desplegar una idea adecuada para la comunicación y consulta externo e interno.

La comunicación y son consulta con las partes involucradas son de sema importancia dado que ellas dan sus experiencias con el riesgo con un apoyo sobre sus apreciaciones respecto a este. Estas apreciaciones pueden experimentar cambios debido a los distintos valores, las necesidades, las aceptaciones, los conceptos y los intereses de las partes involucradas. Dado que sus puntos de vista pueden tener una gran repercusión en las decisiones que se toman, las apreciaciones de las partes involucradas se deberían identificar, registrar y tomar en consideración en el proceso de toma de decisiones. [4]

La comunicación y consulta deberían dar libre acceso a la información fidedigna, pertinente, precisa y rápida de entender, teniendo en consideración la integridad personal y confidencial. [4]

3.3.- Establecimiento del Contexto

3.3.1.-Generalidades

Al establecer el contexto, la organización relaciona sus objetivos, define los parámetros externos e internos que se toman en cuenta al gestionar el riesgo y establece el alcance y los criterios del riesgo para el resto del proceso. Aunque muchos de estos parámetros son parecidos a aquellos que se consideran en el diseño del marco de referencia para la gestión del riesgo, al establecer el contexto de los procesos para la gestión del riesgo, es necesario que estos parámetros se consideren en mayor detalle y en particular, la manera en que se relacionan con el proceso para la gestión de riesgos. [4]

3.3.2.- Establecer el contexto

3.3.3.- Establecer el contexto del proceso para la gestión de riesgo

Se recomienda establecer los objetivos, las estrategias, el alcance y los parámetros de las actividades de la organización, o de aquellas partes de la organización en donde se aplica el proceso para la gestión del riesgo. La gestión del riesgo se debería emprender con total consideración de la necesidad de justificar los recursos utilizados para llevar a cabo dicha gestión. [4]

3.3.4.- Definir los criterios del riesgo

La organización deberá definir los criterios que se van a necesitar para evaluar la importancia del riesgo. Los criterios deberían reflejar los valores, objetivos y recursos de la organización. Algunos criterios pueden estar impuestos por los requisitos legales y reglamentarios o deducirse de ellos y de

otros requisitos a los cuales la organización se asocia. Los criterios del riesgo deberían ser consistentes con la política para la gestión del riesgo de la organización, estar definidos al comienzo de todo proceso para la gestión del riesgo y ser revisados constantemente. [4]

Al definir los criterios del riesgo, los factores que se deben considerar, según [4] tienen que tener lo siguiente:

- La naturaleza y los tipos de causas y consecuencias y la forma en que se van a medir
- Cómo se va a medir la probabilidad
- Los marcos temporales de la probabilidad, las consecuencias, o ambas
- Cómo se va a determinar el nivel del riesgo
- Los puntos de vista de las partes involucradas
- El nivel en el cual el riesgo se torna aceptable o tolerable
- Si se debería tener o no en cuenta combinaciones de riesgos múltiples y si es así, cómo y cuáles combinaciones se deberían considerar

3.4.- Valoración del riesgo

3.4.1.- Generalidades

La valoración del riesgo es el proceso total de identificación del riesgo, análisis del riesgo y evaluación del riesgo. [4]

3.4.2.- Identificación del riesgo

La escasez hídrica en el país no es algo particular en el mundo, ya que se tiene un cambio climático a nivel mundial, que a estas alturas tiene mucho respaldo. [6]

Según cifras del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), para el sur de Sudamérica en los próximos 40 años se estima una disminución del 10 al 30% de las lluvias de verano y un probable aumento en la extensión de las áreas estudiadas por la sequía. Quizás el escenario más certero es que existe una gran incertidumbre en el acontecer climático, tanto de la región como del mundo. [6]

Si bien el cambio el cambio climático genera un espacio complejo para la mantención de los ecosistemas como se conocen hoy en día, no es lo único que está provocando la escasez hídrica. El principal motivo de la crisis hídrica es la manera en la que la sociedad utiliza y dispone del agua, lo cual está provocando a paso acelerado el desgaste de las reservas del recurso. [6]

El actual marco legal e institucional que domina el uso y maneja los recursos hídricos en Chile, está establecido en la Constitución política de 1980 y detallado en el Código de Aguas de 1981, por lo que no se debe pasar por alto el hecho de que la gestión del agua en Chile tuvo su origen en el gobierno militar, por lo que se desprende una fuerte vinculación del modelo neoliberal. Aquella idea económica queda manifiesta en la misma definición que se les da a las aguas en el artículo 5° del Código, donde se definen como un “bien nacional de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas”, lo cual las transforma al mismo tiempo en un “bien económico”. En la práctica, esto se traduce en que la gestión y el manejo quedan aferrados a los criterios del libre mercado y a las normas de la propiedad privada, provocando así el “mercado del agua”. [6]

La forma en que se llevó a cabo el proceso de privatización del agua fue a través del otorgamiento de derechos de aprovechamiento gratuitos y perpetuidad a quien los solicite. Los derechos quedan clasificados como consuntivos o no consuntivos dependiendo del caso. El código no estableció cotas a la concesión de derechos de uso, no estableció costos por la mantención o tenencia del recurso y no retiraba la concesión por no uso del agua (este último punto fue modificado el 2005). Asimismo, este sistema disoció la propiedad del agua del dominio de la tierra en la que se encuentra, con la única condición de que no existiese un derecho previamente constituido. [6]

La Asamblea General de las Naciones Unidas establece en el año 2010 que el agua es un derecho humano básico e incurre en un abuso de derecho quien no lo destina a un aprovechamiento efectivo y beneficioso para la comunidad. Sin embargo, el Código de Aguas no establece diferencias entre diferentes usos del agua, dejando las decisiones a los particulares y al mercado, de modo que el consumo humano no es prioritario frente a otros usos. [6]

Sumado a lo anterior, se dejó al estado sin mayores poderes de intervención y regulación del funcionamiento de este recurso y a las personas sin herramientas jurídicas para solicitar su derecho básico de acceso al agua. Sin duda, las cantidades de uso deberían estar en función de la disponibilidad del agua de cada territorio, ya que, por razones de intermitencia natural, esta no es constante en el tiempo, sino que está sujeta a variaciones que no pueden ser controladas por el humano. Sin embargo, debido al carácter de perpetuidad de la propiedad de los derechos y a su rigidez respecto a la modificación de los caudales otorgados, no se considera la existencia de variaciones en las reservas de agua, por ejemplo, por causas climáticas. Cabe destacar que la instauración de este sistema permitió el sobreotorgamiento de derechos, es decir, que hay cuencas con derechos constituidos que superan enormemente el agua disponible en ellas y la ley no ofrece herramientas para solucionar este problema. [6]

Sobre el mercado del agua, es importante reconocer que se ha configurado un verdadero monopolio, ya que el 90% de los usos no consuntivos son propiedad de sólo 3 grupos económicos: ENDESA, AES-GENER, y Colbún. Como si fuera poco, más del 90% de las empresas sanitarias son privadas, logrando así el sistema tarifario de agua potable más caro de Latinoamérica. [6]

En pocas palabras, la sequía en Chile se debe a un contexto que se ve afectado por el actual modelo de gestión y el uso irracional de agua. El modelo deja al Estado con pocas herramientas para una correcta gestión del agua, en donde se les da prioridad a los privados y a la supuesta regulación del mercado. Por otro lado, este sistema deja un poco de lado los temas sociales y medioambientales, ya que no promete prioridades de uso, disponibilidad hídrica para consumo humano y ni hablar de la sostenibilidad de los ecosistemas. [6]

Todo emplazamiento humano se construye sobre la base de una fuente de agua potable que pueda suplir los requerimientos básicos de una población. La zona norte de Chile es dueña del desierto más árido del mundo, y en esta tierra la escasa disponibilidad de agua provoca conflictos por las prioridades de su uso, principalmente entre la actividad minera y las comunidades locales. Por ejemplo, el 2005, la DGA reconoció “daño por desecación” de Pampa Lagunillas, territorio de la comunidad aymara Cancosa, emplazada en la comuna de Pozo Almonte. En aquel lugar se ubican bofedales y vegas, ecosistemas de humedales de la prepuna andina que posee gran biodiversidad y representa el sustento de la actividad agrícola y ganadera tradicionales de aquella comunidad. Estos terrenos fueron declarados como Áreas de Desarrollo indígena, según consta en el Decreto Supremo N°67 del año 2001, del Ministerio de Planificación y Cooperación. Sin embargo, esto no libró las instalaciones para la extracción de aguas de a una minera, desecando el lugar y provocando la

migración de gran parte de los pobladores hacia centros urbanos, en busca de trabajos asalariados. [6]

Otro ejemplo que cabe destacar es el de la Provincia de Petorca, localidad caracterizada por la agricultura de cítricos y paltos. De acuerdo a las palabras del alcalde de ese momento, Gustavo Valdenegro, hacía 3 años que no se tenía agua superficial, lo que evidencia la extrema situación de sequía que vive esta localidad de la quinta región. Además de la escasez agua, se suman las denuncias de robo de aguas mediante drenajes ilegales informados por la DGA (2011 y 2012). Esta escasez ha provocado el abastecimiento de aguas a las comunidades locales mediante camiones aljibes. [6]

Casos de este tipo existen a lo largo de todo el país, dejando en claro las contradicciones que genera un sistema mal planificado respecto a las necesidades básicas de la población ni al cuidado de los ecosistemas donde habitan. [6]

3.4.3.- Análisis del riesgo

"El análisis del riesgo conlleva el desarrollo y compresión del riesgo. Este análisis entrega un acceso para la posterior evaluación del riesgo y para las decisiones sobre si es o no necesario tratar el riesgo y sobre las estrategias y métodos más adecuados para su tratamiento." [4]

Lamentablemente las sequías se dan con mayor seguridad con el paso del tiempo. Cuando la escasez hídrica se hace presente por un tiempo mayor de lo normal, el escenario obtenido es de gravedad:

- Daño a las economías regionales: Los pequeños agrícolas y ganaderos se ven afectados por la falta de agua. La falta de recursos hídricos se traduce en consecuencias económicas de gran envergadura, al punto que muchas personas prefieren vender sus tierras y emplazarse en las ciudades cercanas. [5]
- Consecuencias sanitarias: la escasez hídrica trae consigo el hecho de tener que buscar este preciado bien de otras fuentes, lo que puede provocar grandes daños en la salud de las personas, sobre todo en el sistema digestivo, al usar aguas no aptas para el consumo humano. [5]
- Consecuencias en los recursos hídricos: Las sequías por tiempos demasiado largos, afecta directamente sobre los flujos de agua tanto en la superficie, como subterráneos.
- Daños irreversibles en el ecosistema: Debido a la falta de agua, muchas especies deben buscar nuevos espacios donde encuentren las condiciones necesarias para poder vivir. [5]

3.4.4.- Evaluación del riesgo

"El fin del de la evaluación del riesgo es facilitar la toma de decisiones, basada en el análisis anterior, acerca de cuáles riesgos necesitan tratamiento y la prioridad para la implementación del tratamiento". [4]

La evaluación del riesgo implica la comparación del nivel de riesgo observado durante el proceso de análisis y de los criterios establecidos al considerar el contexto. Con base a esta comparación, se puede considerar la necesidad de tratamiento. [4]

En las decisiones se debería tener en cuenta el contexto más amplio del riesgo e incluir consideración de la tolerancia de los riesgos, que acarrean otras partes diferentes de la organización que se benefician de los riesgos. Las decisiones se deberían tomar de acuerdo con los requisitos legales, reglamentarios y otros. [4]

Gracias al análisis hecho anteriormente, más los criterios establecidos en el contexto, se concluye que es mucha relevancia el tratamiento de riesgos para recursos hídricos.

3.5.- Tratamiento del riesgo

3.5.1.- Generalidades

El tratamiento del riesgo involucra la selección de una o más opciones para modificar los riesgos y la aplicación de tales opciones. Una vez implementado, el tratamiento suministra controles o lo modifica. [4]

El tratamiento del riesgo según [4], implica un proceso cíclico de:

- Valoración del tratamiento del riesgo
- Valoración de la eficacia de dicho tratamiento

Las opciones para el tratamiento del riesgo no siempre son mutuamente excluyentes ni adecuadas en todos los casos. Las opciones según [4], pueden incluir las siguientes:

A) Evitar el riesgo al decidir no iniciar la actividad que lo originó
B) Retirar la fuente de riesgo
C) Retener el riesgo mediante una decisión informada

3.5.2.- Selección de las opciones para el tratamiento del riesgo

1.- Generar una educación y conciencia hídrica a toda la sociedad, enseñar a muy temprana edad que el agua es un bien vital para todos y que por lo tanto este debe ser valorado y cuidado ya que no es infinito ni fácil de obtener.

2.- Que el Estado imponga más presencia sobre las aguas, además de que analice, mejore y arregle sus herramientas para la gestión de recursos hídricos tomando en cuenta focos medioambientales y sociales.

3.- Mayor inversión y estudio sobre proyectos y tecnologías de generación de agua según corresponda (riego, potable, industria, etc.).

Tecnologías para el tratamiento del riesgo

Tecnologías de membrana

Las tecnologías de membrana se encuentran un paso adelante en lo que respecta a la filtración convencional aplicada en el tratamiento del agua. [8]

Ósmosis inversa

La osmosis se presenta cuando, a través de una membrana semi-permeable, el agua fluye desde el concentrado de menor salinidad hacia otro de mayor concentración salina. Es una acción que se encuentra presente en la naturaleza, por ejemplo, en la entrada de agua a través de la membrana celular de los seres vivos. [8]

Naturalmente, el sistema intentará alcanzar el equilibrio, es decir, intentará alcanzar la misma concentración a ambos lados. El flujo de agua menos concentrado se detendrá cuando iguale la concentración en el lado más saturado. La presión que provoca este flujo se conoce como presión osmótica y está relacionada a la concentración de sales en ambas soluciones. [8]

La ósmosis inversa consiste en revertir esta acción aplicando una presión mayor a la presión osmótica, en el lado más concentrado. Con esto se consigue que el sentido del flujo se mueva del lado de mayor concentración a la de menor concentración. [8]

En la siguiente figura se ilustran ambos fenómenos:

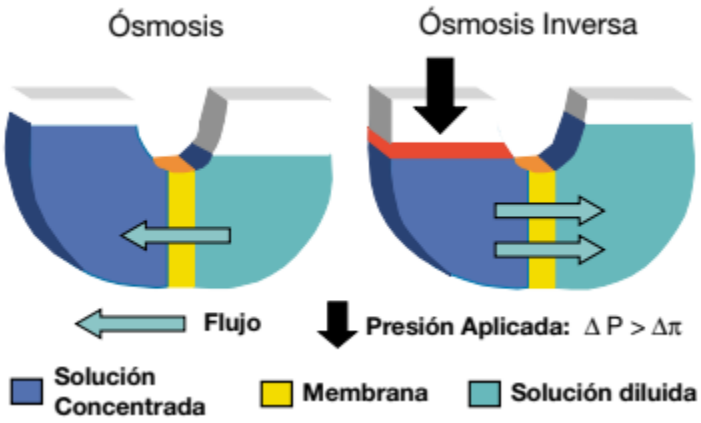


Ilustración 42: esquema de ósmosis natural y ósmosis inversa. [8]

Configuración de membranas de ósmosis inversa

La membrana de ósmosis inversa está estructurada y empaquetada cuidadosamente para su integración en las unidades de proceso. Tanto el soporte como el empaquetado tienen como objetivo maximizar el flujo de agua a través de la membrana, minimizando el paso de sales. [8]

Además, el empaquetado debe minimizar las pérdidas de carga, junto con evitar lo que se conoce como "polarización por concentración", que se debe a la concentración de sales en la superficie de la membrana. Otro punto importante en el diseño mecánico, es el paso con suficiente libertad de partículas, de manera que se minimice los ensuciamientos de las membranas que a la larga podrían provocar bajos flujos y alto paso de sal. [8]

En el mercado según [8], se encuentran comúnmente cuatro configuraciones:

- Plato y Marco
- Tubular
- Fibra Hueca
- Arrollamiento en espiral

Configuración Plato-Marco y configuración tubular

Estas configuraciones son los principios de las tecnologías de ósmosis inversa. Son las que más se usaron al principio. [8]

Ambas presentan una menor densidad de empaquetado de membrana, con un mayor costo económico, en comparación con las más modernas configuraciones de arrollamiento en espiral y fibra hueca. [8]

A pesar de lo anterior, estas configuraciones tienen aplicaciones en la industria alimenticia, por ejemplo para la concentración de zumos de fruta o aguas residuales. [8]

La configuración plato-marco, que es la primera en utilizarse, usa una membrana plata que se ubica dentro de un marco, circular o rectangular, que funciona como soporte. Las membranas se ubican a ambos lados de un plato por donde se recoge el permeado producido. (ver figura) [8]

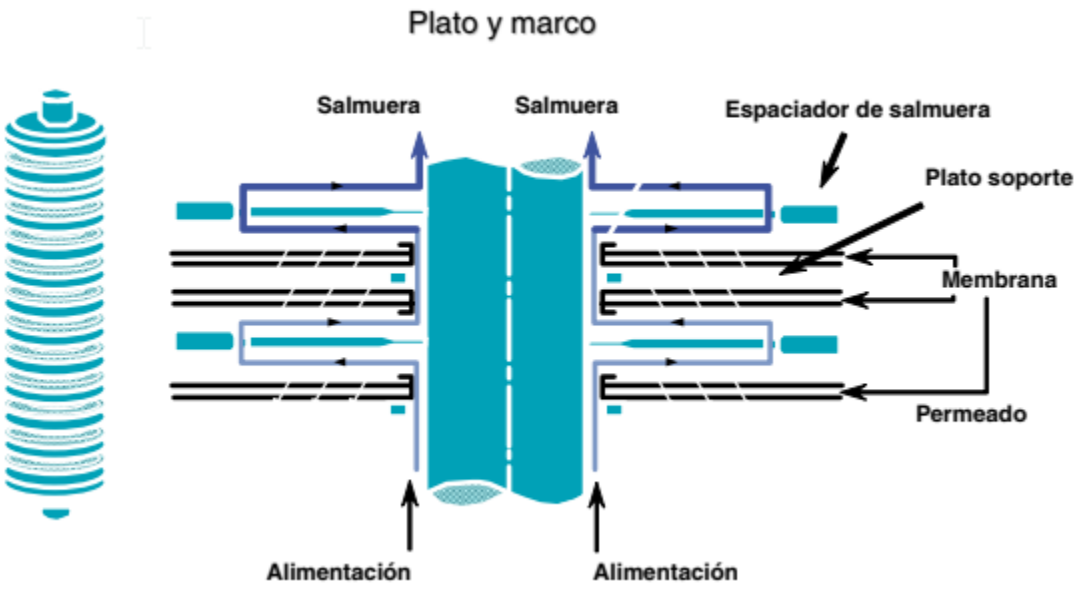


Ilustración 43: esquema configuración plato-marco. [8]

La configuración tubular es otro camino en comparación a la de plato-marco.

La membrana va dentro de un tubo, comúnmente de PVC, que soporta la presión. El agua alimenta a la membrana por su interior y el permeado se obtiene por la parte exterior de la misma de manera que el tubo, produce el permeado por su exterior que se almacena en el fondo del recipiente en el que va emplazado el tubo. [8]

Configuración fibra hueca

La fibra hueca se produce con su propio soporte. Estas fibras son tan finas como el tamaño de un cabello humano. [8]

Las fibras se juntan como tubos en “U” con los extremos incrustados en una plaza epoxy. El conjunto de encierran en un recipiente de presión con su punto de alimentación emplazado en el centro de uno de los extremos. [8]

El flujo dentro de la caja de presión se reparte de forma radial, a través de las fibras, de manera tal que el permeado penetra a través de las paredes de la fibra y fluye por el hueco recogiéndose a través del extremo opuesto de la caja de presión. El agua que no pasó a través de la membrana, arrastra las sales hacia la salida del concentrado ubicado en el otro extremo. [8]

Esta configuración es la que posee la mayor densidad posible de empaquetado de membrana con la mayor relación de producción de agua por volumen ocupado. [8]

Sin embargo, la alta densidad presente en el empaquetado deja poco espacio entre las fibras, debido a esto, las partículas en suspensión fluyen con mayor resistencia a través de las fibras provocando suciedad que es difícil de retirar y por lo tanto, disminución en el rendimiento. (ver figura) [8]

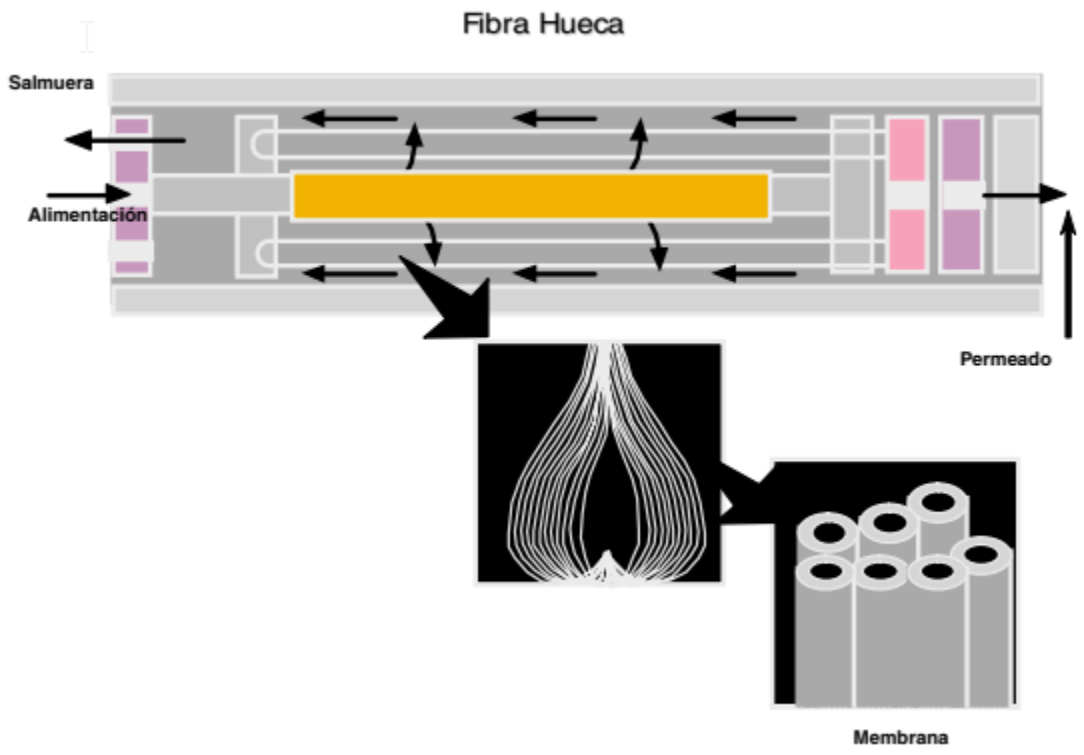


Ilustración 44: esquema configuración fibra hueca. [8]

Configuración en arrollamiento en espiral

Actualmente, la configuración más usada es la de arrollamiento en espiral. Se fabrican en forma de lámina sobre un material soporte, que para el caso de las membranas multicapas delgadas, T.F.C (Thin Film Composite), normalmente es un poliéster tejido-no tejido. Dos de estas láminas u hojas se agrupan entre si pero opuestas y separadas por un espaciador que funciona como canal para el permeado. Ambos lados y uno de los extremos de este conjunto, se sellan con unos cordones o líneas de pegamento para formar un conjunto de varias capas a modo de sobre. El extremo que no se pegó está conectado con el tubo encargado de recoger el permeado, alrededor del cual se enrolla el sobre para formar la espiral. Junto al sobre, se enrolla además una red plástica (espaciador), de tal manera que queden con un espacio las superficies de membrana y se mantenga de ese modo para el flujo de agua de alimentación. El elemento armado se completa con unas piezas plásticas en los extremos para evitar un posible "efecto telescópico" y se recubre exteriormente con un recubrimiento hecho de epoxy-fibra de vidrio que asegura el conjunto. (ver figura) [8]

Finalmente, estas piezas se encuentran en cilindros conocidos como "cajas de presión", diseñadas para soportar las elevadas presiones de trabajo. La alimentación se encuentra en un extremo y fluye en paralelo a la dirección del tubo que recoge el permeado. Una parte del agua fluye a través de la membrana, recorre un camino espiral y es recogida en el tubo de permeado. El agua que no pasa por a través de la membrana fluye a lo largo del elemento paralelamente al tubo de permeado, arrastrando las sales hacia la salida de concentrado ubicada en el extremo opuesto de la caja de presión. [8]

El permeado recogido en el tubo central puede extraerse por cualquiera de los extremos según necesidades del diseño. [8]

Como resumen, según [8], las partes para esta configuración de ósmosis inversa son los siguientes:

- Membranas (capas)
- Espaciadores de salmuera
- Espaciadores de permeado
- Tubo de permeado
- Tapas finales (anti-telescoping)
- Envoltorio del elemento
- Junta labiada de salmuera

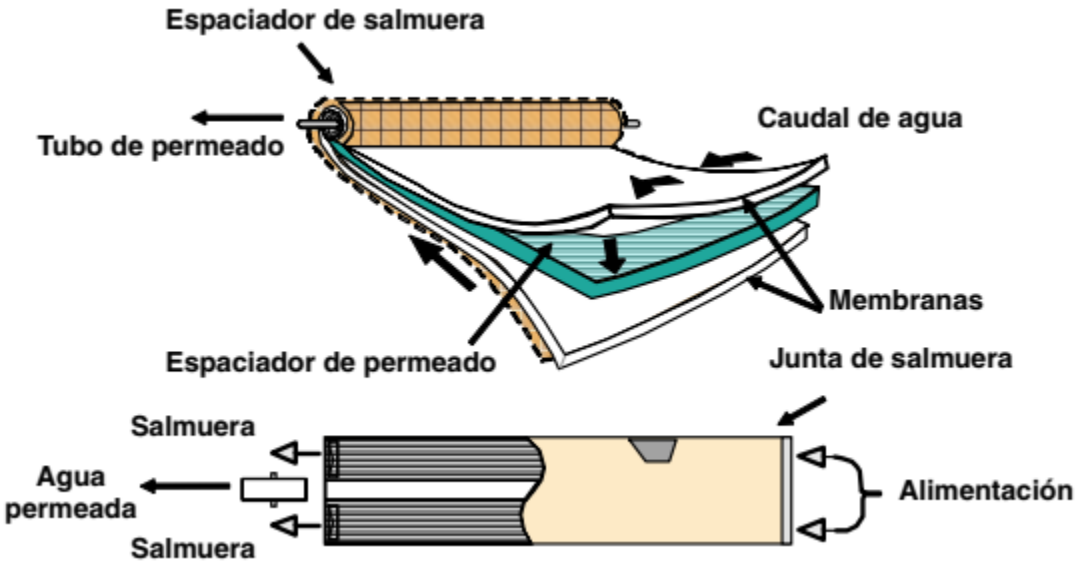


Ilustración 45: Componentes de un elemento de ósmosis inversa de arrollamiento en espiral.[8]

Modelo de solución-difusión

Las fórmulas que se usan en el proceso de ósmosis inversa están basadas en el modelo de solución-difusión a través de la membrana, en donde habrá un flujo de sales Js y un flujo de agua Jw.

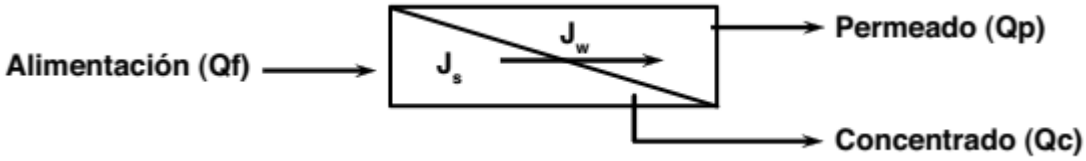


Ilustración 46: Modelo de Solución-Difusión. [8]

La ecuación de difusión del flujo de agua, según [8] es la siguiente:

$$J_W = A \cdot (\Delta P - \Delta\pi)$$

Donde:

J_W: Flujo de agua en litros por metros cuadrados y por hora

A: Coeficiente de permeabilidad de la membrana en $\frac{L}{m^2 barh}$

ΔP: Presión diferencial transmembrana, bar.

$\Delta\pi$: Presión osmótica diferencial, bar.

El factor A depende de cada membrana y de varias características como son: el espesor y material de la membrana, la temperatura, la presión, el pH, el factor de conversión y la concentración salina de la solución. [8]

El término en paréntesis es lo que se conoce como presión neta de trabajo, "Net Driving Pressure" (NDP). [8]

De la expresión se desprende que a mayor presión neta de trabajo, se tendrá mayor productividad de la membrana. [8]

La ecuación de transporte de sales, según [8] es:

$$J_s = B \cdot \Delta C$$

Donde:

J_s: Flujo de sales en $\frac{kg}{m^2 s}$

B: Coeficiente de transferencia de masa de sales en m/s

ΔC: Concentración media diferencial transmembrana kg/m^3

El factor B depende de cada membrana y de varias características como son: el espesor y material de la membrana, la temperatura, la presión, el pH, el factor de conversión y la concentración salina de la solución. [8]

De la expresión se desprende que a mayor concentración salina al lado del alimentador, mayor será el paso de sales y por lo tanto, mayor salinidad de permeado. [8]

Sin embargo, fenómenos como "polarización" de las membranas, hacen que la concentración de sales en el permeado sea mayor de lo teóricamente estimado. [8]

Balance de materia

Balance de solvente: $Q_f = Q_p + Q_c$

Balance del soluto: $Q_f C_f = Q_p C_p + Q_c C_c$

Donde:

Q_f: Caudal de alimentación en m^3/h

Q_p: Caudal de permeado en m^3/h

Q_c: Caudal de concentrado o rechazo en m^3/h

C_f: Concentración de soluto en la alimentación en kg/m^3

C_p: Concentración de soluto en el permeado en kg/m^3

C_c: Concentración de soluto en el concentrado o rechazo en kg/m^3

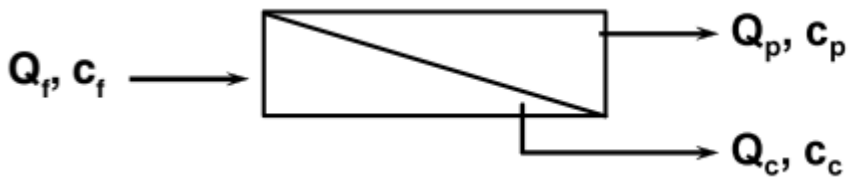


Ilustración 47: Esquema de balance de materia. El rectángulo expresa la planta en conjunto. [8]

Factor de conversión y factor de recuperación

El factor de conversión o recuperación (recovery), es el permeado que se obtiene gracias al caudal de alimentación, expresado en porcentaje. [8]

Es el cociente entre el caudal de permeado y el caudal de aportación que llega a las membranas, según [8], expresado en porcentaje:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \cdot 100 = (1 - \frac{Q_c}{Q_f}) \cdot 100$$

La mayor conversión de un sistema se traduce en una mayor concentración de salmuera. El factor de concentración de un sistema de ósmosis inversa está relacionado con el factor de conversión, según [8] mediante la siguiente expresión:

$$FC = \frac{1}{1 - Y}$$

Donde:

FC: Factor de concentración

Y: Factor de conversión

A modo de ejemplo, un sistema de ósmosis inversa diseñada para un factor de conversión del 75% tendría un factor de concentración de 4, es decir, la salinidad del concentrado es cuatro veces mayor que la salinidad de la alimentación.

Factor de rechazo (R) y de Paso de sales (SP)

El rechazo de sales de las membranas y de un sistema de membranas, es el factor que declara la calidad final del permeado de un sistema de ósmosis inversa. [8]

La expresión según [8] que define el rechazo de sales es:

$$R = \frac{C_f - C_p}{C_f} \cdot 100$$

Donde:

R= Rechazo de sales en porcentaje

Por lo tanto, según [8] el paso de sales en porcentaje será:

$$SP(\%) = 100 - R$$

Diseño de un sistema de membranas de ósmosis inversa. Principales componentes

Un sistema de ósmosis inversa simplificado está constituido por una o varias bombas que introducen el agua procedente del pretratamiento, al armazón donde se ubican las cajas de presión que alojan las membranas y un grupo de tuberías que conforman la línea de evacuación del concentrado y la línea de permeado para su postratamiento. [8]

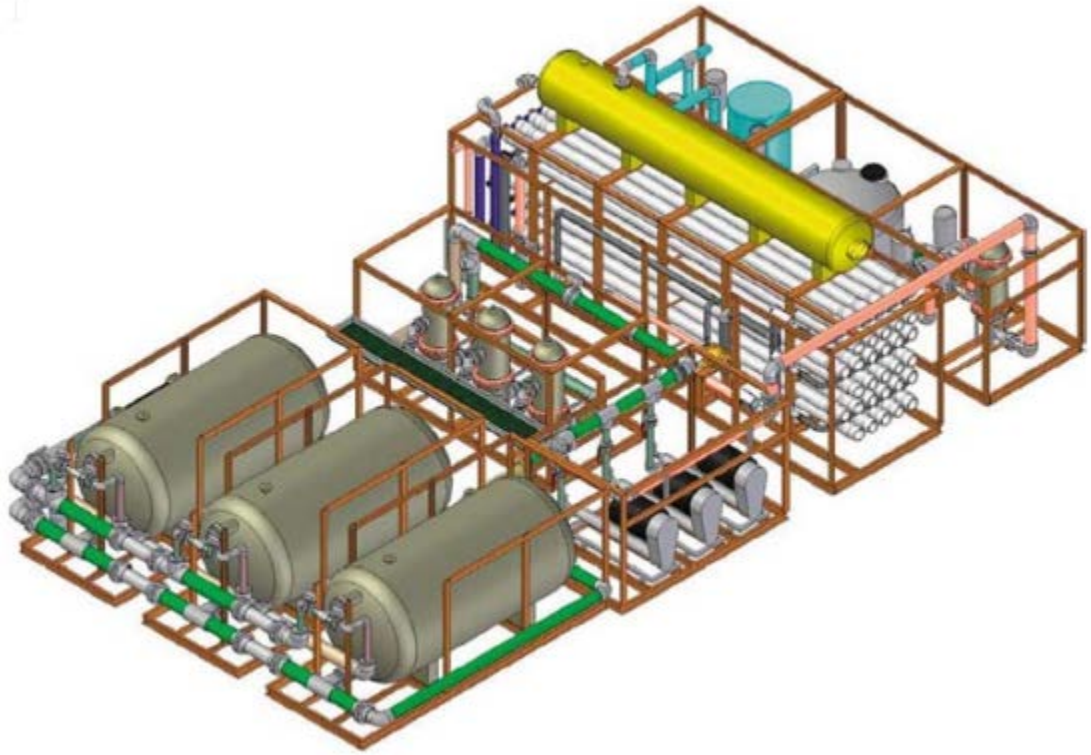


Ilustración 48: Esquema general de una pequeña desaladora industrial de agua marina (2.500 m3/día)[8]

El rechazo al final de los tubos tiene aún mucha presión, debido a la pérdida de carga en el interior de los módulos de ósmosis inversa que es pequeña (entre 3 y 5 bares). Con la finalidad de utilizar esta energía no utilizada, se direcciona la salmuera a un sistema de recuperación de energía que trata de una bomba invertida o una turbina hidráulica Pelton o Francis, o hacia unas cámaras de intercambio de presión, de forma que se aproveche el salto entre la presión de la salmuera a la salida de las membranas y la presión atmosférica. Con esto, la energía necesaria para el proceso se reduce. [8]

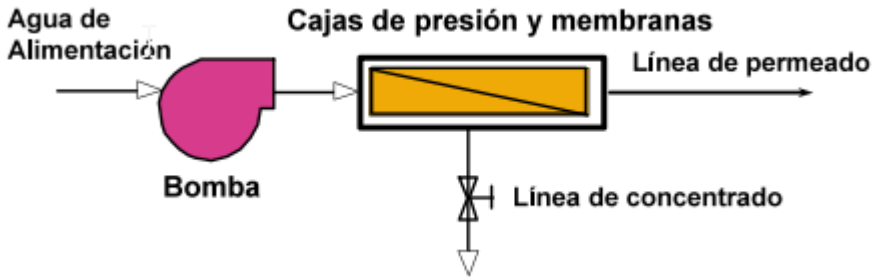


Ilustración 49: Esquema básico de un sistema de membranas. [8]

Ilustración 50: Aspecto de los armazones con las cajas de presión.

Etapas

Las partes de ósmosis inversa van instaladas en el interior de las cajas de presión unidas entre sí mediante piezas o mecanismos de interconexión. El factor de conversión depende directamente de la longitud del sistema, por lo tanto, las partes poseen longitud limitada (normalmente 1 metro), para lograr unos valores aceptables de conversión (aproximadamente el 45% en agua de mar y alrededor del 75% en diseños de agua salobre), se hace necesaria la instalación de 6,7 u 8 elementos en serie por cada caja de presión. [8]

La capacidad de una planta desaladora por ósmosis inversa viene determinada por la cantidad de cajas de presión instaladas en paralelo [8], ver la figura siguiente:

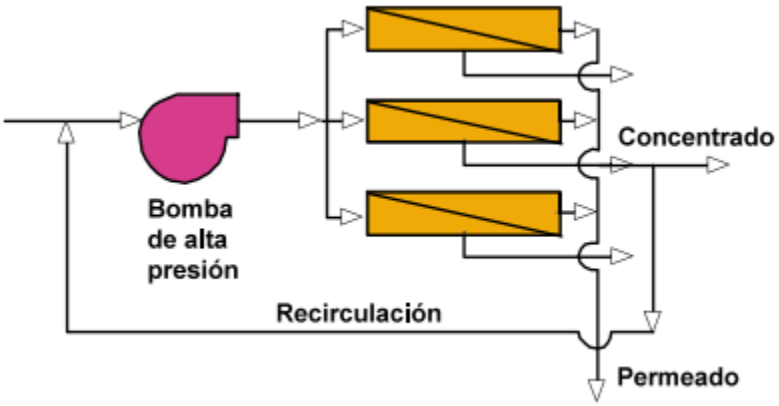


Ilustración 51: Diseño en una etapa. [8]

Para aumentar el factor de conversión de un sistema es posible recircular parte del concentrado de nuevo a la alimentación. Esta práctica es posible en agua salobre pero no en agua de mar. Es posible incrementar el factor de conversión de un sistema aumentando su longitud y hacer pasar

nuevamente la salmuera por otro sistema de ósmosis inversa adicional que se denomina “segunda etapa”. [8]

El diagrama sería el siguiente:

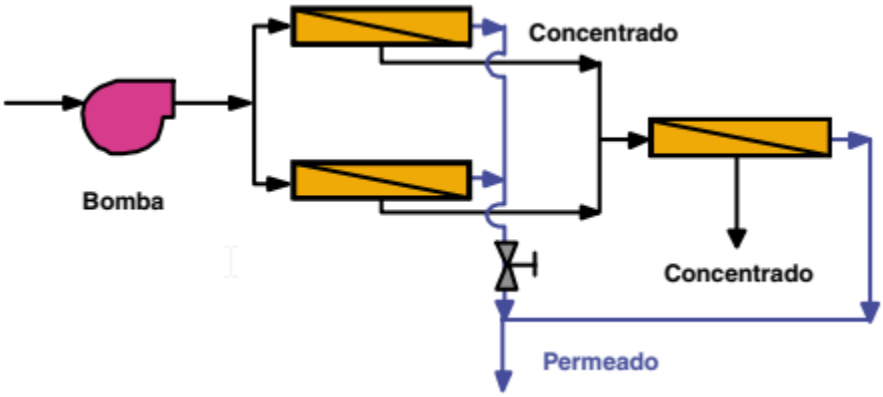


Ilustración 52: Diseño en dos etapas

En los sistemas de dos etapas, normalmente se regula la presión de permeado entre la primera y segunda etapa aumentando la presión en la primera etapa, de esta manera se aumenta de manera indirecta, la presión sobre la segunda etapa, logrando equilibrar de ese modo la producción nominal de las membranas de ambas etapas. [8]

Con este accionar se evitan los problemas de desequilibrio en la generación de agua por unidad de superficie de membrana instalada. [8]

En sistemas en donde la salinidad del agua es alta (2 a 5 g/L), pero no son aguas marinas, por lo general se instala una bomba de apoyo para elevar la presión en la corriente de alimentación a la segunda etapa (bomba booster). [8]

En este caso se logra el efecto de equilibrio en la producción específica con menor costo energético y mayor eficiente global del sistema. [8]

Dependiendo de caso, sobre todo para agua salobre, puede ser inevitable el diseño de sistemas de tres etapas para obtener los mayores valores de conversión [8]:

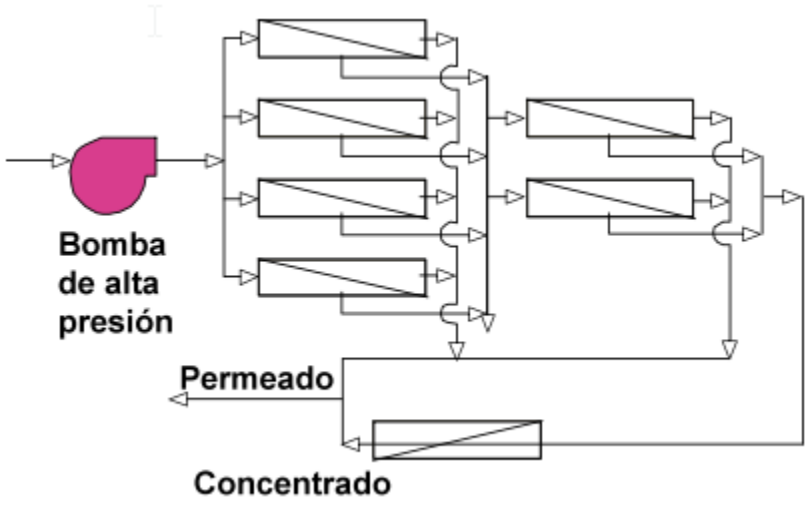


Ilustración 53: Diseño de tres etapas. [8]

La presión osmótica va aumentando a lo largo del sistema conforme la salinidad va incrementando. Por lo general, la presión osmótica del concentrado de la segunda etapa es tan grande que se hace inevitable la instalación de otra bomba, denominada "booster", al comienzo de la tercera etapa. [8]

Pasos

El agua al salir de las membranas posee una pequeña cantidad de sales, ya que el rechazo de las membranas de ósmosis inversa no es del 100%. Debido a esto, el agua desalada procesada tiene una concentración diferente, que depende de la concentración del agua inicial, del factor de concentración de la salmuera, de la temperatura del agua, del tipo de membrana y del diseño realizado. Si se trabaja con agua marina, la concentración de sales del permeado varía entre 200 y 300 mg/L y si de sedea disminuir la esta concentración de sal, es necesario aplicar otra etapa de ósmosis inversa dando lugar al diseño de plantas de pasos. [8]

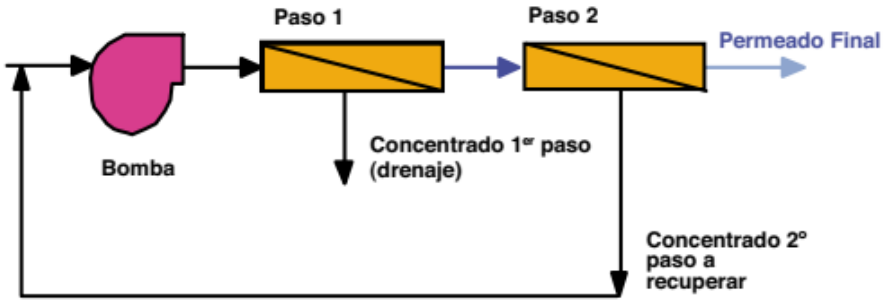


Ilustración 54: Diseño de planta de dos pasos. [8]

Como se puede ver en la imagen anterior, un diagrama simplificado de una planta de ósmosis inversa de dos pasos. El producto originario del primer paso es sometido a un aumento de presión mediante una bomba, logrando presiones de 6 u 8 bares, y se inyectan en unas membranas de ósmosis inversa de las empleadas con agua salobre. El resultado de este segundo paso tendría un contenido en sales menor a 10 mg/L. El factor de concentración de esta segunda etapa normalmente

es bastante elevado, aproximadamente ocho veces el valor inicial. El agua de rechazo del segundo paso se introduce al agua bruta de alimentación del primer paso. [8]

Nanofiltración

Generalmente se asocia la nanofiltración con una hiperfiltración con un paso de partículas del tamaño de un nanómetro. [8]

A diferencia de la ósmosis inversa, la nanofiltración no representa una barrera para todas las sales disueltas. La permeabilidad ser mayor o menor y está definida en función del tipo de sal y el tipo de membrana. Usando la misma idea de la ósmosis inversa, si la permeabilidad a la sales baja, la diferencia de presión osmótica entre los dos espacios puede llegar a ser casi tan alta como en el caso de la osmosis. Por el contrario, si se tiene una alta permeabilidad de la membrana a la sal, no habría posibilidad de que ambos espacios posean una gran diferencia de concentración salina. Por lo tanto, la presión osmótica no es de mucha importancia si la permeabilidad a la sal es alta. Lo más común es que el agua a tratar tenga iones monovalentes y divalentes, sólo estos últimos son poco permeables a la membrana, por lo que la presión total que se debe aplicar para ambos es inferior que en el caso de la ósmosis inversa. [8]

La nanofiltración se usa cuando se desea un rechazo de iones di-, tri-, tetra-valentes sin que se afecte la presencia de monovalentes. Esto se debe a la mayor permeabilidad de la nanofiltración a los iones monovalentes, por lo que puede considerarse una membrana que elige a los iones. [8]

Los últimos desarrollos de la nanofiltración, están las membranas selectivas de atrazinas y de plaguicidas en general, que tienen una importante presencia en las aguas de consumo humano. [8]

Respecto al diseño, los fundamentos y componentes para la nanofiltración, pueden usarse los mismos usados para la ósmosis inversa. [8]

Electrodiálisis

Principios y fundamentos

La electrodiálisis (ED) consiste en un proceso electroquímico usado en la desalinización de aguas con alto contenido en sales disueltas. La idea fundamental de esta técnica es la transferencia de los iones disueltos desde el agua de aportación a otra solución donde se concentra, a través de una serie de membranas que discriminan el paso de cationes o aniones mediante el uso de un campo eléctrico. Como producto de esta acción se obtiene agua con una concentración de sales menor que el agua de alimentación y un subproducto de rechazo, la salmuera, con una alta concentración de sales. Los dos flujos de agua fluyen en paralelo entre las membranas, el agua producto se desaliniza progresivamente, mientras que por otro lado, la salmuera se concentra también progresivamente. Los cationes del agua a tratar atraviesan la membrana catiónica hacia el cátodo pasando a continuación a la salmuera. De similar manera, los aniones del agua a tratar atraviesan la membrana aniónica hacia el ánodo pasando después a la salmuera. En otras palabras, en el proceso de electrodiálisis sólo se mueven a través de las membranas los sólidos disueltos pero no el solvente (agua). [8]

La tasa y el sentido de transporte de cada ión depende de su carga y su movilidad, de las concentraciones relativas, de la intensidad del campo eléctrico empleado y está estrechamente relacionado con las características de la membrana de intercambio iónico. La capacidad de eliminación puede elevarse gracias a la unión en serie de varias pilas, aunque no es rival frente a la desalación de agua de mar de la ósmosis inversa. Este método no posee un efecto barrera, como si lo hacen las otras técnicas de membrana a presión. Es una técnica más robusta frente a cambios en

la calidad del agua o paradas del sistema y tiene un buen comportamiento frente a la presencia de Ba, Sr o sulfatos. Su rendimiento mejora a temperatura elevada y para iones con varias cargas. [8]

Una fracción de la salmuera puede ser recirculada para minimizar la cantidad de agua desechada. Esta recirculación eleva demasiado la concentración de la salmuera por lo que puede ser necesario la adición de ácidos u otros reactivos (antiinscrustantes) al bucle de la salmuera que eviten la deposición de sales sobre las membranas. [8]

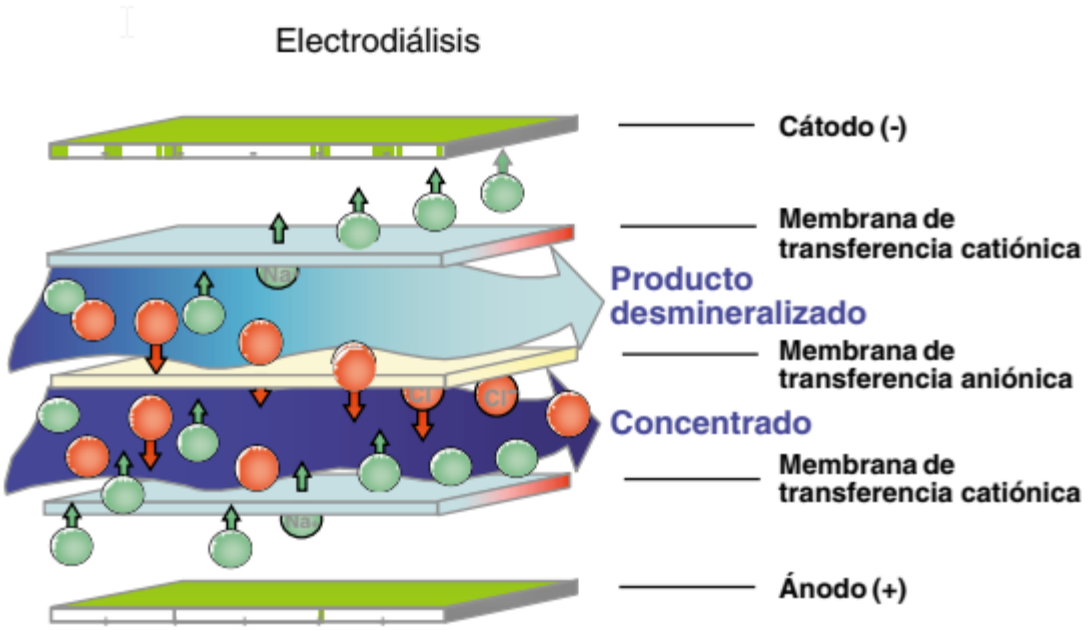


Ilustración 55: Esquema del proceso de electrodiálisis. [8]

La pila de electrodiálisis

La configuración base de un sistema de electrodiálisis (pila de electrodiálisis), es el apilamiento de un número de pares de célula. Cada par de célula está compuesto por una membrana de intercambio catiónico, un espaciador por el que corre el agua desmineralizada, una membrana de intercambio aniónico y un espaciador por el que fluye el agua concentrada. Las membranas de intercambio iónico son las que permiten el paso de cationes y aniones de forma selectiva y los espaciadores separan las membranas logrando la distribución de agua sobre la superficie. [8]

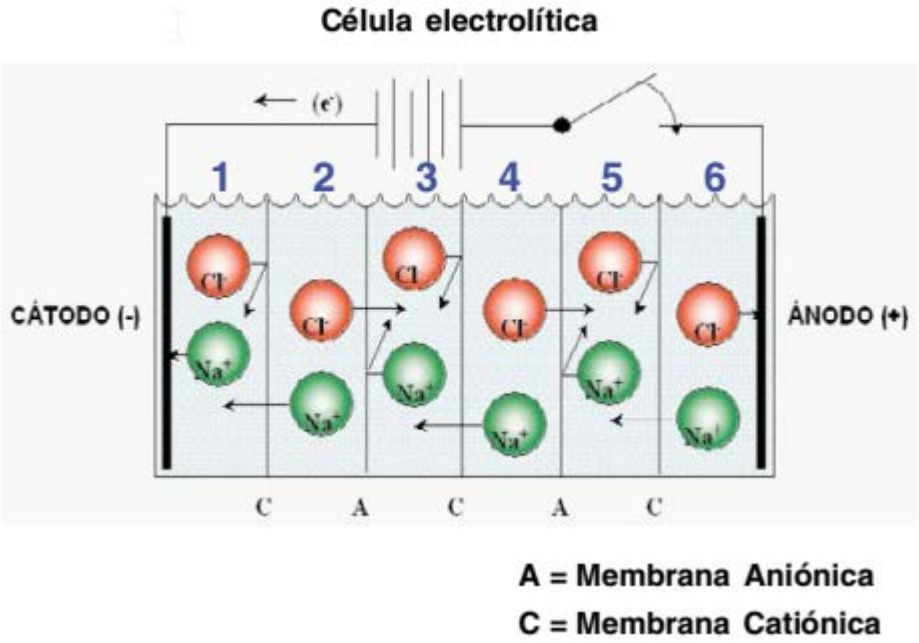


Ilustración 56: pila de electrodiálisis. [8]

Los distintos tipos de célula son ensamblados en horizontal y en paralelo en medio de dos electrodos conformando así la pila de electrodiálisis. Los electrodos facilitan la conexión eléctrica de la pila de membranas a la fuente de tensión de corriente continua, además reparte la corriente sobre toda la superficie de la membrana. Para sujetar todo el sistema se utiliza placas de acero, tirantes y bloques de material plástico. [8]

La eficiencia de un sistema de electrodiálisis se logra mejorar con el cambio periódico de la polaridad de los electrodos (de 2 a 4 veces por hora). Con estos cambios de polaridad, se consigue invertir la dirección de los iones a través de las membranas y prevenir las incrustaciones disolviendo las posibles precipitaciones y enviándolas al desecho, se minimiza la formación de fango o similares sobre la superficie de las membranas, minimiza la obligación de dosificación continua de productos químicos en la mayoría de los casos y además genera limpieza automática de los electrodos con el ácido formado durante la operación anódica. Después de un cambio de polaridad la corriente de producto se convierte en corriente de salmuera y viceversa. Este proceso se conoce como electrodiálisis reversible (EDR). [8]

Membranas

Las membranas para electrodiálisis son básicamente, una resina de intercambio iones fabricada en forma de lámina, con un espesor aproximado de 0,5 mm. Las propiedades según [8] son:

- Insolubles en soluciones acuosas
- Presentan baja resistencia eléctrica
- Impermeables al agua bajo presión
- Resistentes a pH entre 1 y 10
- Utilizables a temperaturas de hasta 46°C
- Resistentes al paso osmótico cuando se colocan en dos soluciones salinas una de 200 mg/L y la otra de 30.000 mg/L de sólidos disueltos.

- Estables al cloro
- Semi-rígidas para facilitar su montaje
- Expectativas de longevidad

La membrana catiónica debe transferir solamente cationes y rechazar los aniones, al revés en el caso de la membrana aniónica. [8]

Lo compartimientos de las membranas tienen en sus extremos agujeros que alineados con los agujeros de los espaciadores, forman el colector de distribución del agua de alimentación, y de la misma forma el de recogida del agua producto. De igual manera se tienen los colectores de salmuera-concentrado y de recirculación. [8]

Espaciadores

Los espaciadores están hechos de láminas de polietileno de baja densidad. Estas láminas tienen unos agujeros que una vez apilados se alinean con los agujeros de las membranas y forman los colectores de aportación de agua cruda y recolección de agua producto, junto con los colectores de entrada y salida de concentrado. Al alinear los agujeros, los colectores forman tubos verticales en la pila. El agua ingresa en un espaciador y fluye entre dos membranas por las rutas de flujo que conectan el colector de entrada y el de salida. La gracia está en la geometría de los espaciadores, montándola en una posición u otra, se canaliza el flujo selectivamente para formar dos corrientes separadas de agua desmineralizada y de concentrado. [8]

Compartimiento de electrodos

Los compartimientos de los electrodos se encuentran en los extremos altos y bajo de la pila y según [8], están formados por:

- Un electrodo
- Un espaciador de flujo de electrodo
- Una membrana catiónica gruesa

Los electrodos son partes metálicas ubicadas en los extremos superior e inferior de la pila, se utilizan para conducir la corriente continua. Están fabricados de titanio recubierto de platino. [8]

La vida útil de un electrodo depende generalmente de la composición iónica del flujo por el electrodo y el amperaje transportado por unidad de área del electrodo. En general, los elevados amperajes y agua con contenido alto de cloruros o alta tendencia incrustante, tenderán a acortar su vida útil. [8]

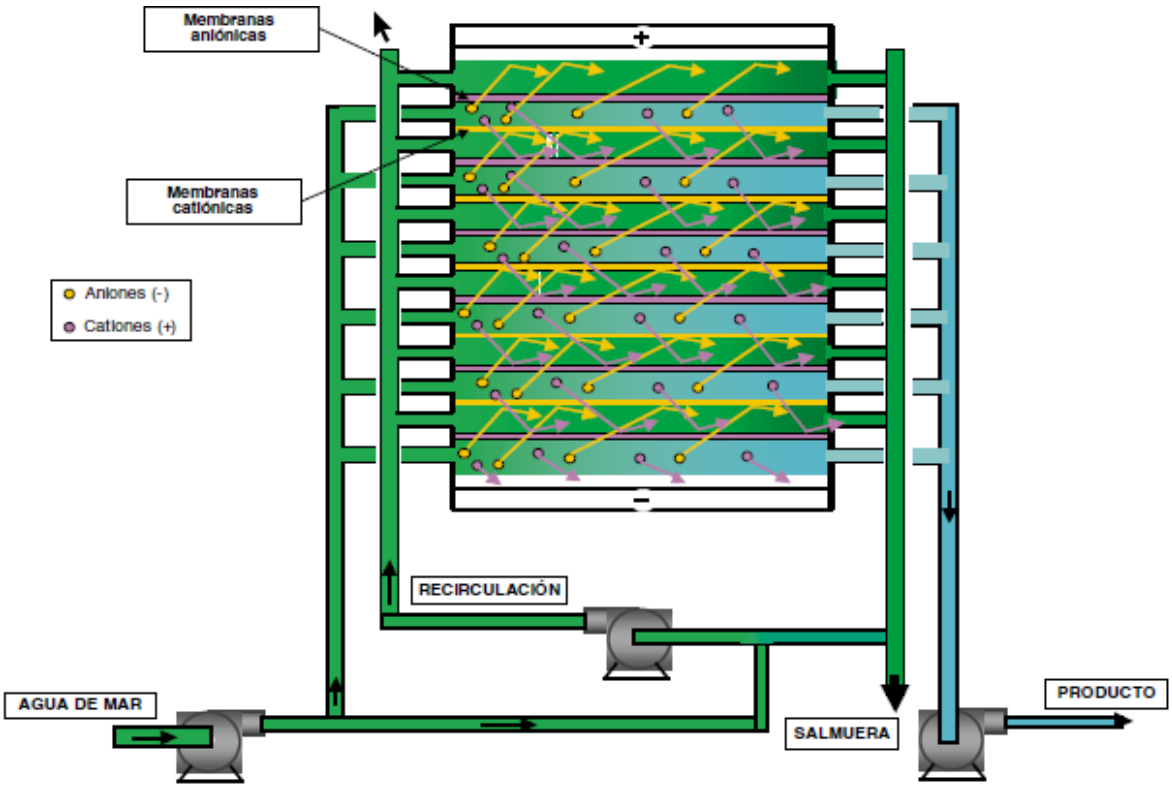


Ilustración 57: Diagrama de funcionamiento de la electrodiálisis reversible. [8]

El espaciador de electrodo tiene la misma función que otros espaciadores, pero está formado por múltiples láminas. Esto entrega un grosos mayor y la capacidad de permitir el paso de un gran caudal de agua por su interior, minimizando las incrustaciones y el desgaste de los electrodos. [8]

La membrana catiónica gruesa tiene todas las propiedades de la membrana catiónica normal, pero tiene un espesor dos veces el de la normal debido a que debe resistir mayores presiones diferenciales. [8]

Cuadro resumen:

	Características claves	Limitaciones/desventajas
• Ósmosis inversa	Adecuado para el tratamiento del agua salada. El consumo de energía es bajo en comparación con el proceso térmico. Alta tasa de recuperación. El arranque y cierre del proceso es rápido Comercialmente disponible.	Suciedad de membrana Alto costo de mantenimiento.
• Electrodiálisis	Separación electroquímica de iones y sal. Larga duración de la membrana. Alta recuperación de agua y alta eficiencia. Comercialmente disponible.	Alto costo operativo. Alto costo de capital.

Fuente: [13]

Desalinizadoras en Chile

En Chile, se encuentran 4 desalinizadoras en el norte en funcionamiento y otras 6 en la fase de proyecto, todas de ósmosis inversa. De las antes mencionadas, se tiene una generación de $642.384\ m^3/día$ de los cuales la gran parte es para consumo industrial, específicamente para la minería de la zona. Sólo $151.200\ m^3/día$ son de agua potable, en especial en Antofagasta encargada de la empresa Aguas Antofagasta.

A continuación, se deja una tabla con las desalinizadoras en operación y fase de proyecto:

Nombre planta desalinizadora	Empresa	Región	Inversión MUS$	Capacidad [l/s]	Transporte agua		
					Distancia [km]	Altura [m.s.n.m]	Estado
Coloso	Minera Escondida	II	200	525	177	3.600	Operación
Coloso (ampliación)	Minera Escondida	II	3.500	3.200	177	3.600	RCA aprobado
Planta Desalinizadora de Moly Cop Chile	Moly Cop Chile	II	0,557	4,3	-	-	Operación
Planta Desalinizadora Sector sur	Aguas Antofagasta	II	52,5	600	-	-	Operación
Planta Desalinizadora Chimba	Aguas Antofagasta	II	90	600	-	-	Operación
El Morro	Proyecto El Morro	III	-	650	110	4.000	RCA aprobado
Planta Desalinizadora Candelaria	Minera Candelaria	III	254	300 a 500	900	1.200	RCA aprobado
Planta Desalinizadora Mantoverde	Anglo American	III	62	120	40	490	RCA aprobado
Planta Desalinizadora el Valle de Copiapó	Agbar Chile	III	254	1000	-	-	Rechazado
Punta Totoralillo	CAP S.A.	III	63	200 a 600	117	-	RCA aprobado
Central Castilla	MPX	III	100	740 y 50	-	-	RCA aprobado

Ilustración 58: Proyectos plantas desalinizadoras en proyecto y operación en el norte de Chile. [10]

Sustentabilidad y uso de energías limpias

La sustentabilidad de la desalación presenta un enfoque técnico, socioeconómico y ambiental que debe guiar a científicos, investigadores y desarrolladores sobre cómo dimensionar la eficiencia energética de un proceso de desalinización propuesto. La metodología permite realizar un análisis preliminar de la desalinización con energía renovable y si ésta es una buena opción para un contexto particular (Arafat, 2017).

Uso de energía solar

Irán se encuentra en el cinturón seco de la tierra, donde aproximadamente el 70% de su área se encuentra en regiones áridas y semiáridas. Actualmente, Irán pasa por una crisis hídrica. En este contexto, la desalinización del agua de mar aparenta ser una solución ideal para cumplir con las demandas de suministro y la demanda del agua, no obstante, los sistemas de desalinización por combustibles fósiles ya no son viables para superar la crisis del agua en el país. La solución se encontraría en el gran potencial de energía solar que poseen, que puede ser efectivamente usado para ejecutar los procesos de desalinización. Actualmente, la desalinización por energía solar es una solución recién nacida para cerrar la brecha de agua en el país y que requiere cambios a nivel de política, financiamiento y cooperación regional para asegurar su éxito (Gorjian y Ghobadian, 2015).

El sistema de destilación solar activo integrado con el estanque solar es un sistema de energía para la desalación sin impacto ambiental negativo. Los análisis energético y exergético (potencial de trabajo útil de una determinada cantidad de energía) realizado sobre este nuevo sistema, en las condiciones climáticas de Nueva Delhi (India) durante el verano, mostraron que la eficiencia diaria de productividad, energía y exergía, mejoran para la entrada de energía térmica durante la noche. Este sistema propuesto ayudará a disminuir emisión de CO2 y permite ahorrar el alto grado de energía para la desalación que requieren los dispositivos y tecnologías convencionales (Ranjan y Kaushik, 2014).

Uso de energía geotérmica en Medio Oriente

La futura economía de los países de Oriente Medio depende de la disponibilidad de agua dulce para los sectores domésticos y agrícolas. Por ejemplo, Arabia Saudita tiene una tasa de crecimiento de la población. Es por esta razón que la demanda de agua dulce generada por plantas de desalinización de combustibles fósiles aumentará a un ritmo incontrolable. Además, la dependencia de Arabia Saudita en los combustibles fósiles para la generación eléctrica y agua dulce, utilizando esa misma fuente de energía, es económicamente y políticamente insostenible. Lo mencionado puede conducir a la desestabilización de la economía mundial. Sin embargo, Arabia Saudita tiene grandes recursos geotérmicos a lo largo de la costa del Mar Rojo que se pueden desarrollar para generar energía y apoyar la generación de agua dulce a través de la desalación, con el cual el costo de agua dulce puede reducirse. Entre los países del golfo, Arabia Saudita puede convertirse en el líder del control de la emisiones CO2 y en mitigar los efectos del cambio climático (Chandrasekharam et al., 2017).

Uso de energía eólica

La drástica subida en el aumento del suministro de agua salada, dada la escasez hídrica, generará una serie de problemas asociados con el consumo de energía y los impactos ambientales. De esta forma, la energía renovable combinada con la desalación y purificación de agua es una alternativa de seguridad energética y ambiental amigable y atractiva. La energía eólica es una de las formas más comunes de energía renovables. Los patrones de transformación de la energía eólica, la modelación y los estudios experimentales de varias plantas de desalinización con energía eólica, y los prototipos ejecutados alrededor del mundo han sido ampliamente discutidos. Además, se discutieron importantes problemas tecnológicos en la utilización eólica relativos a la intermitencia de dicha fuente y su uso directo, para lo cual se plantean las soluciones respectivas (Ma y Lu, 2011).

3.5.2.- Preparación e implementación de los planes para el tratamiento de riesgo

1.- Educación: Se espera que en los colegios junto a la familia se inculque la importancia de cuidar el agua, dejando en claro lo importante que es para la vida humana, la naturaleza y el mundo, además se sus usos e inconveniencias para obtenerla.

2.- Estado: Se espera que el Estado mejore las condiciones del código de aguas y los límites de otorgamiento de agua, para que deje de existir sobreexplotación y sobre otorgamiento, además de que se controle más a las empresas privadas que abusan del agua constantemente sin impedimento alguno.

3.- Proyectos y tecnología: Se espera que se realicen más estudios sobre posibles proyectos y nuevas tecnologías para la producción y/o recolección de agua, que se incentive más a las universidades, empresas privadas e identidades gubernamentales en la investigación de este tema de tanta relevancia.

3.6.-Monitoreo y revisión

El monitoreo como la reedición debe tener una parte planifica del proceso para la gestión del riesgo y agregar verificación o regulaciones constantes. Pueden ser periódicos o según convenga. [4]

Los responsables de monitoreo y la revisión deben estar previamente y claramente definidos. [4]

Los procesos de monitoreo y revisión, según [4] deberían comprender todos los aspectos del proceso para la gestión del riesgo con el fin de:

- Garantizar que los controles son eficaces y eficientes tanto en el diseño como la operación
- Obtener información adicional para mejorar la valoración del riesgo
- Analizar y aprender lecciones a partir de los eventos (incluyendo los accidentes), los cambios, las tendencias, los éxitos y los fracasos.
- Detectar los cambios en el contexto, incluyendo los cambios en los criterios del riesgo y en el riesgo mismo que puedan exigir revisión de los tratamientos del riesgo y las prioridades.
- Identificar los riesgos emergentes

El avance en la aplicación de los planes para tratamiento del riesgo suministra una medida de desempeño. Los resultados se deben incorporar en las actividades globales de gestión del desempeño, medición y reporte. [4]

Los resultados del monitoreo y la revisión se deberían registrar y reportar, además se deberían utilizar como entrada para la revisión del marco de referencia para la gestión de riesgo. [4]

3.7.-Registro del proceso para la gestión del riesgo

Las actividades para la gestión del riesgo deberían tener la capacidad de seguir el proceso de evolución para cada una de las etapas. En el proceso para la gestión del riesgo, los registros entregan la base para la mejora de los métodos y las herramientas, así como del proceso global. [4]

En las decisiones con respecto a la creación de registros que se debería tener en cuenta, según [4]:

- Las necesidades de la organización respecto al aprendizaje continuo
- Los beneficios de reutilizar la información con propósitos de gestión
- Los costos y esfuerzos involucrados en la creación y el mantenimiento de los registros
- Las necesidades legales, reglamentarias y operativas para los registros
- Los métodos de acceso, la facilidad de recuperación y los medios de almacenamiento
- El período de retención
- La sensibilidad de la información

IX. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como “diagrama espina de pescado” por su forma, es un diagrama de causa-efecto, en el cual se exponen las causales de un problema en una columna central la que converge en el problema o “efecto”.

La idea fundamental de este diagrama es analizar y presentar solución(es) al problema, a continuación se presenta el diagrama para la escasez de recursos hídricos:

Escasez de recursos hídricos

X. Análisis FODA

Un análisis FODA consiste en la identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas por parte de una organización, en este caso, sirve para una planificación estratégica de administración de recursos hídricos.

Cabe destacar que al enfocar el análisis en los factores de mayor impacto, cualquier situación compleja puede ser abordada por el análisis FODA de manera sencilla y eficaz.

A continuación se presenta la matriz FODA:

XI. Conclusiones

Se espera que esta memoria ayude en el futuro a mitigar problemas con los recursos hídricos y por qué no, a dar bienestar a toda persona o entidad que requiera de este tan preciado bien.

Dado todo el trabajo anterior, quedó más que claro que Chile como país, requiere de una reforma en lo que respecta a sus recursos hídricos. El cambio climático, la escases, la sobreexplotación, el sobre otorgamiento y una mala gestión ha generado una crisis hídrica bastante marcada desde la zona centro hacia el norte del país, generando problemas sociales, económicos e industriales.

El gobierno y entidades encargadas deben ser autocríticas y conscientes de ciertas falencias en el actual modelo de gestión para recursos hídricos, por lo que la misión principal en estos momentos es tomar las acciones correspondientes y ejecutarlas.

Luego, hay que generar e implantar una cultura y una conciencia hídrica en la sociedad, educar a las personas de tal manera que entiendan que el agua no es un recurso infinito, que no se da en los árboles y que sin ella, la vida y las civilizaciones no podrán subsistir.

El riesgo de que el norte del país sufra de escases hídrica es inminente, por lo que la aplicación de la norma ISO 31.000 es muy tentadora como plan de acción.

Es muy importante que para estudios futuros, se hagan las reevaluaciones correspondientes respecto a la aplicación de la ISO 31.000 en lo que respecta a escasez hídrica.

De ser exitosa, la misma norma invita a hacer las correcciones y actualizaciones correspondientes de tal manera de ir mejorando constantemente.

Dentro de los puntos a estudiar sobre la gestión de riesgos sobre recursos hídricos, es la realización de un análisis de criticidad más un modelo de probabilidad, de tal manera de tener una idea cuantitativa y probabilística.

No hay que olvidar los puntos analizados en el diagrama de Ishikawa, los cuales deben ser tratados para tener un plan de mitigación respeto a sus efectos.

Mientras que con el análisis FODA, hay que buscar potenciar y dar más cabida a sus fortalezas y oportunidades, mientras que con las debilidades y amenazas, hay que hallar planes de mitigación necesarios para minimizarlas o derechamente eliminarlas.

Por otro lado, dentro de los posibles planes de mitigación a futuro, sería tentador estudiar y realizar memorias sobre la pre factibilidad de más plantas de ósmosis inversa para aportar agua a las personas, a la agricultura y a procesos industriales, pero visto desde el punto de vista autosustentable, es decir, la generación de agua dulce mediante el uso de energía solar, eólica y hasta geotérmica. Incluso, es atractivo considerar el uso de embalses de agua salada para aprovechar la energía potencial y generar energía eléctrica.

También, hay que considerar la implementación de la electrodiálisis, analizando si es viable, por lo menos para pequeños proyectos y aplicaciones precisas.

Además, en las futuras memorias se debe identificar el lugar geográfico en donde se deben emplazar estos proyectos, haciendo los correspondientes estudios territoriales y declaraciones de impacto ambiental. Un estudio de impacto ambiental no debería sea necesario, ya que la idea de esta memoria es respaldar la generación de agua dulce a través de energías renovables y además, las tecnologías mencionadas aquí, no generan emisiones o residuos dañinos, la salmuera o las especies

que puedan ser succionadas por las bombas son los mayores problemas a mitigar dentro de los impactos ambientales.

Como idea final, analizar y estudiar la posibilidad de mejorar la eficiencia y funcionamiento de las plantas desalinizadoras a través de nuevos mecanismos, tecnologías y configuraciones.

Bibliografía

[1] Recursos hídricos, Capítulo 8, Ministerio del Medio Ambiente, 2011.

[2] Chile Cuida sus Aguas, Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025, 2012.

[3] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Ministerio de Obras Públicas, 2012.

[4] Organización Internacional de Normalización, ISO 31.000 [en línea] <https://sitios.ces.edu.co/Documentos/NTC-ISO31000_Gestion_del_riesgo.pdf> [consulta: 10 octubre 2017]

[5] Seminario Internacional, Gestión del recurso Hídrico, Santiago de Chile, 1996.

[6] Matías Guerrero, Camila Cifuentes, Conflictos de Agua en Chile: Causas Políticas de un Problema Ecosistémico [en línea] <http://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2013/11/02/conflictos-de-agua-en-chile-causas-politicas-de-un-problema-ecosistemico/> [consulta: 5 enero 2018]

[7] Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, Santiago, 2008.

[8] Guía de Desalación: Aspectos Técnicos y Sanitarios en la Producción de Agua de Consumo Humano, 2009.

[9] Evaluación de Factibilidad de Tecnologías para Desalinizar Agua, por Medio de Energía Solar Térmica en el Norte de Chile, Sebastián Lobos, 2015.

[10] Seminario Internacional de Desalación en Antofagasta (2°, Antofagasta, Chile), Desalación para Suministro de Agua Potable en el Norte de Chile: Caso de aguas de Antofagasta S.A. [en línea] <http://www.desalchile.cl/anterior/documentos/23.ADASAMGP.pdf> [consulta: 15 enero 2018]

[11] Nuevas Tecnologías para Hacer más Eficientes las Plantas Desalinizadoras, Eduardo Baeza, 2017.

[12] Dirección Regional de Planteamiento en base a talleres con Servicios MOP Región de Valparaíso, 2011.

[13] Desalination, Development of Lower Cost Seawater Desalination Processes Using Nanofiltration Technologies, 2015.